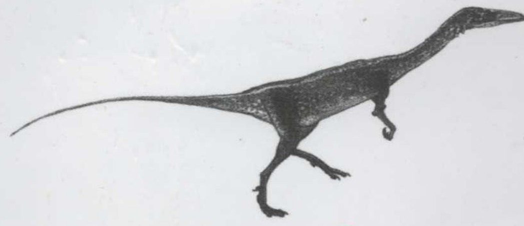
JERRY A. COYNE

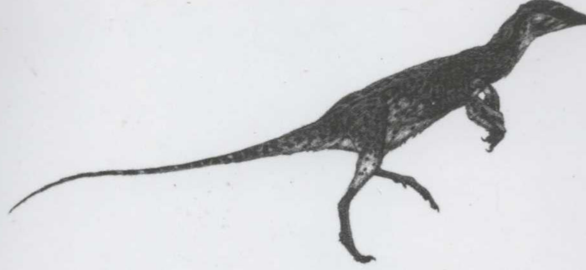
EVRİM NEDEN GERÇEKTİR

Çeviri Hasan H. Başıbüyük

PALME YAYINCILIK



EVRİM



NEDEN



GERÇEKTİR



Çeviri
Hasan H. Başıbüyük

JERRY A. COYNE



PALME YAYINCILIK

"Olağan üstü bir başarı. Coyne bir klasik üretmiş, ister bir uzman ister sıradan bir kişi, evrimsel biyolojiye dost veya düşman, *Evrim Neden Gerçektir*'i okumak aydınlatıcı bir deneyim yaşatmaktadır".

—Neil Shubin, *Your Inner Fish* kitabının yazarı.

"Jerry Coyne uzun zamandan bu yana, evrimsel biyolojinin dinsel bağnazlık karşısında dünyadaki en yetenekli savunucularından biri olmuştur. *Evrim Neden Gerçektir*'le vazgeçilmez bir kitap üretmiştir. Evrimi kolay anlaşılır, tek bir ciltte ortaya koymuştur. Fakat Coyne 'kültür savaşı'mızdaki en son yaylım ateşinden çok daha fazlasını vermektedir; bize doğal dünyadaki yerimiz hakkında son derece büyüleyici, berrek ve güzel yazılmış bir eser sunmaktadır. Eğer yaşamın geri kalanı ile akrabalığınızı daha iyi anlamak istiyorsanız, bu kitap başlayacağınız yerdir."

— Sam Harris *The End of Faith* ve *Letter to a Christian Nation* kitaplarının yazarı ve the Reason Project'in kurucusu

"Evrim modern biyolojinin temelidir ve *Evrim Neden Gerçektir*'de Jerry Coyne ustaca bunun neden böyle olduğunu açıklamaktadır. Evrim bilimcilerin topladıkları çok sayıda kanıt hazinesinden Coyne en çarpıcı örneklerden bazılarını dikkatlice seçmiş ve eşit derecede zarafet ve yetkinlikle açıklamıştır."

— **Carl Zimmer, *Microcosm: E. coli and New Science of Life* kitabının yazarı**

"Jerry Coyne'ın kitabı ortalama okuyucu için evrimin temel kavramlarını anlaşılır kılarak olağanüstü bir iş yapmaktadır. Fosil kayıtlardan, biyocoğrafyaya ve evrimin genetik mekanizmalarına kadar her konuyu eşit berraklıkla ele almakta ve yaradılışçılık ve "akıllı tasarımın" bilim karşısında nasıl çaresiz kaldığını ikna edici şekilde göstermektedir."

— **Donald R. Prothero, Occidental College'de jeoloji profesörü ve *Evolution: What the Fossils Say and Why It Matters* kitabının yazarı**

Evrim Neden Gerçektir






Evrim Neden Gerçektir

Jerry A. Coyne

Çeviri

Hasan H. Başıbüyük



PALME YAYINCILIK

Ankara, 2016

PALME YAYINLARI: 1173

Evrim Neden Gerçektir Jerry A. Coyne

Çeviren : Hasan H. Başıbüyük
Telifi : Palme Yayıncılık © 2016
Yayın Koordinatörü : H. İbrahim Somyürek
Yayına Hazırlama : PALME Dizgi-Grafik Tasarım Birimi
Yayıncı Sertifika No : 14142
ISBN : 978-605-355-595-7

Baskı : Koza Matbaacılık
Basımevi Sertifika No : 12385

Kitabın Özgün Adı	:	WHY EVOLUTION IS TRUE
Yazarı	:	Jerry A. Coyne
Yayıncı Firma	:	Brockman Inc., 5 East 59th Street, New York, NY 10022, U. S. A.
Telifi	:	Copyright © 2009 Jerry A. Coyne. All rights reserved. This translation of WHY EVOLUTION IS TRUE is published by arrangement with Jerry Coyne, c/o Brockman, Inc. WHY EVOLUTION IS TRUE'ın çevirisi, Jerry Coyne, c/o Brockman, Inc. ile yapılan sözleşme gereğince yayımlanmıştır.
Orijinal ISBN-13	:	978-0-670-02053-9
Türkçe Basım	:	TURKISH Language edition published by PALME YAYINCILIK, Copyright ©2016. TÜRKÇE baskısı, PALME YAYINCILIK tarafından yayımlanmıştır. Telif Hakları © 2016.



PALME
YAYIN, DAĞITIM, PAZARLAMA, İÇ VE DIŞ TİCARET LTD. ŞTİ.
Merkez: A. Adnan Saygun Cad. No: 10/A Sıhhiye-ANKARA
Tel: 0.312-433 37 57 • Fax: 0.312-433 52 72
www.palmeyayinevi.com e-mail: bilgi@palmeyayinevi.com

Ankara Şubesi : Olgunlar Sok. No: 4/5 Bakanlıklar/ANKARA Tel: 0.312 417 95 28 Faks: 0.312 419 69 64
İzmir Şubesi : Kazım Dirik Mah. Ankara Cad. No: 259/C Bornova/İZMİR Tel: 0.232 343 10 77 Faks: 0.232 343 10 78

Dick Lewontin'a

il miglior fabbro

("Aşkın Büyük Ustası", Dante'nin İlahi Komedya'sından)

Bu kitabı Türkçe'ye kazandırma fikrinin sahibi
Aykut Kence'nin anısına...

Not: Kitabın basımından bu yana geçen zaman içinde güncellenen bazı bilgilere işaret etmek ve bazı bölümlerin daha iyi anlaşılmasını sağlamak amacıyla parantez içinde çevirmenin notu (Ç.N.) sunulmuştur.

İçindekiler

Önsöz

Aralık ayının 20'si, yıl 2005. O gün birçok bilim insanı gibi, gergin uyandım. Harrisburg, Pennsylvania'da bir federal yargıç olan John Jones III, *Kitzmiller ve diğerlerine karşı Dover Area School District ve diğerleri* davasında kararını açıklayacaktı. Dönüm noktası bir davaydı ve Jones'in kararı Amerikan okul çocuklarının evrim konusunu nasıl öğreneceklerini belirleyecekti.

Bu eğitim ve bilim krizi Dover, Pennsylvania bölge okulları, bölge lisesinde hangi biyoloji ders kitabını okutacaklarını tartışmak için toplandıklarında sesiz sedasız başlamıştı. Darwinci evrime sadık mevcut ders kitabından hoşnut olmayan okul eğitim kurulunun bazı dindar üyeleri, yaradılışın İncil görüşünü içeren alternatif kitaplar önerdiler. Ateşli tartışmalardan sonra, kurul Dover Lisesindeki biyoloji öğretmenlerinin dokuzuncu sınıf öğrencilerine aşağıdaki bildiriyi okumalarını talep eden bir kararı kabul etti:

> Pennsylania Akdemik Standartları öğrencilerin Darwin'in Evrim Kuramını öğrenmelerini ve en sonunda evrimin de bir parçası olduğu standart bir sınava girmelerini gerektirmektedir. Darwin'in kuramı bir kuram olduğundan, yeni kanıtlar keşfedildikçe sınanmaya devam etmektedir. Bu kuram bir gerçeklik değildir. Kuramın kanıtı olmayan boşlukları vardır.... Akıllı tasarım yaşamın kökeni konusunda Darwin'in görüşünden farklı bir açıklamadır. Önerilen kitap, *Of Pandas and People,* gerçekte akıllı tasarımın neyi kapsadığını derinlemesine anlamak çabası ile bu görüşü incelemek isteyen öğrencilerin erişimine sunulmuştur. Her kuram için geçerli olduğu gibi, öğrenciler açık fikirli olmaya özendirilirler.

Bu, eğitimdeki büyük bir yangını körükledi. Okul kurulunun dokuz üyesinden ikisi istifa etti ve tüm biyoloji öğretmenleri "akıllı tasarım"ın bilimsel olmaktan çok dinsel oluşuna itiraz ederek, sınıflarında kurul kararını okumayı red ettiler. Kamu okullarında dini eğitim Birleşik Devletler Anayasası'nın ihlali olduğundan, 11 kızgın aile olayı mahkemeye taşıdı.

Dava 26 Eylül 2005 tarihinde başladı ve altı haftada tamamlandı. Haklı olarak, Tennessee, Dayton'dan lise öğretmeni John Scopes'ın insanların evrim geçirdiğini öğretmesi nedeniyle mahkûm edildiği ünlü 1925 davasından sonra, "ülkemizin Scopes Davası" olarak tanımlanan bu dava, renkli bir olaydı. Ulusal basın 80 yıl önce hareketsiz Dayton kasabasına yaptığından fazlasını yaparak, kendi halindeki Dover kasabasına akın etti. Charles Darwin'in torununun torunu Matthew Chapman bile, dava hakkında yazacağı kitabının araştırmaları için buraya geldi.

Her anlamda tam bir bozgundu. Soruşturma titiz ve iyi hazırlanmıştı; savunma sönüktü. Savunmaya tanıklık eden yıldız bilim insanı "bilim" tanımının astrolojiyi kapsayacak kadar geniş olduğunu kabul etti. En sonunda, *Of Pandas and People* kitabının, içinde sadece "yaradılış" yerine "akıllı tasarım" kelimesi konulmuş olan, bir yaradılışçı kitap entrikası olduğu ortaya çıktı.

Fakat mahkeme hemen açılıp kapanmadı. Yargıç Jones, George W. Bush tarafından atanmış, düzenli kiliseye giden ve muhafazakâr bir Cumhuriyetçiydi ve Darwinizm lehinde asla bir güvence değildi. Herkes gergin bir biçimde nefesini tuttu ve bekledi.

Noel'den beş gün önce, Yargıç Jones kararını evrim lehinde açıkladı. Kelimeleri yumuşatmadan, okul kurulu politikasının "olağan dışı bir zırvalık" olduğunu, savunmanın hiçbir dini amaçları olmadıklarını iddia ettiklerinde yalan söylediğini ve en önemlisi akıllı tasarımın sadece yaradılışçılığın yeniden dolaşıma sokulmasından başka bir şey olmadığına karar verdi:

> Makul, tarafsız bir gözlemcinin hem bu davadaki ciltlerce kayıdı hem de hikayemizi (Ç.N. yaradılışa dair) inceledikten sonra akıllı tasarımın ilginç bir dini sav olduğu fakat bilim olmadığı kaçınılmaz sonucuna varacağı, kararına varılmıştır....Özet olarak, [okul kurulunun] kararı evrim kuramını ayırarak özel muameleye tabi tutmakta, bilim camiasındaki statüsünü yanlış tanıtmakta, bilimsel kanıt göstermeksizin öğ-

rencilerde geçerliliği konusunda şüpheye neden olmakta, öğrencilere bilimsel bir kuram maskesi altında dini bir alternatif sunmakta, bilimsel bir kaynakmış gibi yaradılışçı bir kitabı [*Of Pandas and People*] incelemeye yöneltmekte ve öğrencilere kamu okulu sınıflarında bilimsel araştırma önceliği yerine, başka yerlerde aramaları gereken dini eğitimi önermektedir.

Jones ayrıca savunmanın iddiası olan evrim kuramının vahim hataları olduğunu dikkate almadı:

Elbette, Darwin'in evrim kuramı mükemmel değildir. Ancak, bilimsel bir kuramın henüz her noktaya bir açıklama getirmediği gerçeği, fen müfredatına sağlam temelleri olan bilimsel önerileri tahrif eden, din temelli sınanamaz bir alternatif hipotez sokmanın mazereti olarak kullanılmamalıdır.

Ancak bilimsel doğruluğa, yargıçlar değil, bilim insanları karar verir. Jones'in yaptığı sadece sağlam bir gerçeğin taraflı ve dogmatik karşıtlar tarafından bulandırılmasını önlemekti. Buna rağmen, karar Amerikan okul çocukları, evrim ve aslında bilimin kendisi için görkemli bir zaferdi.

Bununla beraber, kutlama zamanı değildi. Bu kesinlikle evrimin okullarda sansürlenmesini önlemek için verilen kavganın sonuncusu da değildi. Yirmi beş yılı aşan evrimsel biyolojiyi öğretme ve savunma dönemimde, yaradılışçılığın çocukken oynadığım şişirilebilir şişman bir palyaçoya benzediğini öğrendim. Bastırdığınızda, kısa süre geriye çekilir ancak daha sonra tekrar çıkar. Dover davası bir Amerikan hikâyesi olmakla beraber, yaradılışçılık sadece Amerika'ya özgü bir sorun değildir. Yaradılışçılar ki Hristiyan olmaları da gerekmez, özellikle Birleşik Krallık, Avusralya ve Türkiye olmak üzere dünyanın diğer parçalarında taban bulmaktadır. Evrim için kavga asla bitmeyecek gibi görünmektedir. Kavga daha geniş bir savaşın, gerçeklik ile hurafeler arasındaki savaşın bir parçasıdır.

Evrim karşıtlarının ister Amerika'da ister başka yerlerde olsun, dillerine doladıkları söylem her zaman aynıdır: "Evrim kuramı krizdedir." Bununla söylenmek istenen, Dawinizm ile çelişen doğa hakkında bazı yaygın gözlemlerin bulunduğudur. Ancak bırakın krizde olmasını, evrim bir "kuram" olmanın çok ötesine geçmiştir. Evrim bir gerçekliktir. Darwinizm

üzerine bir şüphe uyandırmasının çok ötesinde, 150 yıldan bu yana bilim insanlarınca toplanan kanıtlar, evrimin gerçekleştiğini ve büyük ölçüde Darwin'in önerdiği gibi doğal seçilimin işleyişi yoluyla gerçekleştiğini gösterecek şekilde, evrimi tamamen desteklemektedir.

Bu kitap evrim için temel kanıt kaynaklarını ortaya koymaktadır. Darwinizm'e sadece inançları temelinde karşı gelenler için, kanıt miktarının hiçbir önemi olmayacaktır–bunlarınki sorgulanamayan bir inançtır. Fakat kendilerini kararsız sayan, evrimi kabul eden fakat davalarını nasıl savunacaklarını bilmeyenlerin çoğu için bu cilt, neden modern bilimin evrimi gerçek olarak kabul ettiğinin anlaşılır bir özetini vermektedir. Bu kitabı, her yerdeki insanların Darwinci evrimin saf açıklayıcı gücü konusunda benim hayallerimi paylaşmaları ve sonuçlarıyla korkusuzca yüzleşmeleri umuduyla sunuyorum.



Evrimsel biyoloji üzerine herhangi bir kitap yazmak, paleontoloji, moleküler biyoloji, populasyon genetiği ve biyocoğrafya gibi çok çeşitli alanları kapsadığından ve tüm bunlar konusunda bir kişi asla uzmanlaşamayacağından mutlaka bir işbirliği gerektirir. Beni sabırla yönlendiren ve hatalarımı düzelten birçok meslektaşıma görüş ve yardımları için minnettarım. Bunlar Richard Abbott, Spencer Barrett, Andrew Berry, Deborah Charlesworth, Peter Crane, Mick Ellison, Rob Fleischer, Peter Grant, Matthew Harris, Jim Hopson, David Jablonski, Farish Jenkins, Emily Kay, Philip Kitcher, Rich Lenski, Mark Norell, Steve Pinker, Trevor Price, Donald Prothero, Steve Pruett-Jones, Bob Richards, Callum Ross, Doug Schemske, Paul Sereno, Neil Shubin, Janice Spofford, Douglas Theobald, Jason Weir, Steve Yanoviak ve Anne Yoder'dir. Burada adlarını saymayı kazara unuttuklarımdan özür dilerim ve kalan hatalardan sadece ve sadece kendimin sorumlu olduğunu beyan ederim. Tüm taslağı okuyan ve eleştirilerde bulunan Matthew Cobb, Naomi Fein, Hopi Hoekstra, ve Brit Smith'a özellikle minnet borçluyum. Bu kitap çizer Kalliopi Monoyios'ın titiz çalışmaları ve sanatçı zekâsı olmaksızın önemli ölçüde fakir kalacaktı. Son olarak insanların evrim konusundaki kanıtları bilmeye ihtiyaçları olduklarını konusunda benimle hemfikir olan John Brockman'a ve Oxford University Press'ten editörüm Latha Menon'a sonsuz yardım, öneri ve destekleri için minnettarım.

Giriş

Darwin önemlidir; çünkü evrim önemlidir. Evrim önemlidir; çünkü bilim önemlidir. Bilim önemlidir; çünkü bilim çağımızın egemen efsanesi olan, kim olduğumuz, nereden geldiğimiz ve nereye gideceğimiz üzerine destansı bir öyküdür.

–Micheal Shermer

İçinde bulunduğumuz evren hakkında bilimin aydınlattığı mucizeler arasında, hiçbir konu evrim kadar heyecan ve öfkeye neden olmamıştır. Bu muhtemelen hiçbir görkemli galaksi ya da anlık bir nötrinonun etkisinin bu kadar kişisel olmaması nedeniyledir. Evrimi öğrenmek bizi derin bir şekilde dönüştürebilir. Bize yaşamın bütün o muhteşem ve olağanüstü görkemli düzenindeki yerimizi gösterir. Bizi bugün dünya üzerindeki her canlı varlık ve uzun zaman önce ölmüş olan sayısız yaratık ile ilişkilendirir. Evrim bize kökenimiz hakkında, binlerce yıldır bizi hoşnut eden masallar yerine, doğru cevaplar verir. Bazımız bunu derin biçimde korkutucu, diğerlerimiz ise tarifsiz heyecanlı buluruz.

Şüphesiz, Charles Darwin ikinci gruptandı ve tüm bunları başlatan kitabı olan *Türlerin Kökeni Üzerine* (1859)'nin ünlü son paragrafında evrimin zarafetine vurgu yaptı:

> Birkaç gücü nedeniyle, bu yaşam görüşünde bir ihtişam vardır; başlangıçta birkaç ya da bir form olarak yaşıyorlarken ve bu gezegen çekimin şaşmaz yasalarına göre döndükçe, çok basit olan bu başlangıçtan sonsuz sayıda en güzel ve en harika formlara evrimleştiler ve evrimleşmektedirler.

Ancak merak etmek için çok daha fazla neden var. Evrimin bir süreci, ilk çıplak, çoğalabilen molekülü milyonlarca fosil ve canlı formlar çeşitliliğine dönüştüren mekanizma olan doğal seçilim süreci, inanılmaz basitlikte ve güzellikte bir mekanizmadır. Sadece bunu anlayanlar, orkide çiçeği, yarasa kanadı ve tavus kuşu kuyruğu gibi çok çeşitli özelliklerin, böylesi basit bir mekanizma ile üretilebileceğinin farkındalığından gelen saygıyı deneyimleyebilirler. Yine *Türlerin Kökeni'nde* Darwin Victoria paternalizmi ile dolmuş olarak, şu duyguları tanımladı:

> Bir organik varlığa bir gemiye bakan bir yırtıcı gibi, bütünüyle onun anlayışı ötesinde bir şey olarak bakmayı bıraktığımız zaman; doğanın her bir ürününün uzun bir tarihe sahip olduğunu anladığımız zaman; tıpkı herhangi bir mekanik icadın emeğin, tecrübenin, mantığın ve hatta sayısız çalışanın hatalarının bir toplamı gibi, her karmaşık yapı ve içgüdünün her birinin taşıyıcısı için faydalı olduğunu ve birçok parçanın bir toplamı olduğunu düşündüğümüz zaman; işte her organik varlık, ne kadar uzak o kadar ilginç–tecrübemle konuşuyorum–doğal tarih çalışması haline gelir!

Tüm yaşamın evrimin ürünü olduğu ve evrimsel sürecin büyük ölçüde doğal seçilim tarafından yürütüldüğünü ileri süren Darwin kuramı, o zamana kadar hiç kimsenin sahip olmadığı en büyük düşünce olarak tanımlandı. Fakat sadece iyi ve hatta güzel bir kuram olmanın ötesinde bir şeydi. Ayrıca, doğru olduğu da gösterildi. Evrim Darwin'in kendi özgün düşüncesi olmamakla beraber, evrim lehine topladığı çok sayıda kanıt çoğu bilim insanını ve birçok eğitimli okuyucuyu, yaşamın gerçekten de zaman içinde değiştiğine ikna etti. Bu *Türlerin Kökeni*'nin 1859'da yayınlanmasından sonra yaklaşık 10 yıl aldı. Fakat daha sonraki birçok yılda, bilim insanları Darwin'in anahtar buluşu olan doğal seçilim kuramı konusunda şüpheci kaldılar. Eğer gerçekten Darwinizm'in "sadece bir kuram" veya "krizde"

olduğu bir zaman varsa, bu evrimin mekanizması için kanıtların açık olmadığı ve hangi yolla çalıştığının (yani genetik) halen muğlak olduğu zaman olan 19. yüzyılın ikinci yarısıdır. Tüm bunlar 20. yüzyılın ilk birkaç on yılında çözüme kavuştu ve o zamandan bu yana Darwinizm'in bilimsel karşıtlığını ezecek şekilde hem evrim hem de doğal seçilim için kanıtlar artmaya devam etti. Biyologlar Darwin'in asla hayal etmediği birçok fenomeni açıklaya dursunlar (DNA dizilerinden evrimsel akrabalıkların nasıl belirleneceği sadece bir örnektir) *Türlerin Kökeni*'nde sunulan kuram, temel olarak, değişmez kaldı. Bugün bilim insanları Darwinizm'e, atomların varlığına veya mikropların enfeksiyon hastalıklarının nedeni olduğuna güven duydukları kadar güven duyarlar.

Peki, neden öyle ise uzun zaman önce ana akım bilimin bir parçası haline gelmiş olan bir kuram hakkında kanıtlar sunan bir kitaba ihtiyaç duymaktayız? Ne de olsa, kimse atomun veya hastalıkların mikrop kuramının kanıtlarını açıklayan kitaplar yazmamaktadır. Öyle ise evrimi bu kadar farklı kılan nedir?

Hiçbir şey ve herşey. Doğru, evrim herhangi bir bilimsel gerçeklik kadar sağlam biçimde ortaya konulmuştur (öğreneceğimiz gibi "sadece bir kuramdan" çok daha fazlasıdır), ve bilim insanları daha fazla kanıta ihtiyaç duymazlar. Ancak, işler bilim çevresi dışında farklıdır. Birçok kimse için, evrim kişisel duyguları inciten bir olgudur. Eğer evrimden bir ders çıkaracaksak, öyle görünüyor ki sadece diğer varlıklarla akraba değiliz, fakat aynı zamanda onlar gibi, kör ve özel olmayan evrimsel güçlerin de ürünüyüz. Eğer insanlar doğal seçilimin birçok ürününden sadece biri ise, bu durumda öyle çok özel olmayabiliriz. Bunun ortaya çıkışımızın, ilahi bir amacın özel bir sonucu olarak, diğer türlerden farklı olduğunu düşünen birçok insan için neden iyi karşılanmadığını anlayabilirsiniz. Ortaya çıkışımızın, bizi diğer canlılardan ayıran bir amacı veya anlamı var mıdır? Ayrıca evrimin moral değerlerimizi aşındırdığı düşünülmektedir. Eğer, biz gerçekten de sadece hayvan isek, neden hayvan gibi *davranmıyoruz*? Eğer sadece büyük beyinli bir maymundan fazlası değilsek bizi ne ahlaklı tutabilir? Hiçbir diğer bilimsel kuram bu kadar çok karşıtlığa ya da psikolojik dirence yol açmamıştır.

Bu direncin büyük ölçüde dinden kaynaklandığı açıktır. Yaradılışı olmayan dinler bulabilirsiniz, fakat hiçbir zaman dini olmayan yaradılış bulamazsınız. Birçok din, insanı sadece özel olarak kabul etmez, aynı za-

manda, bizim diğer türler gibi bir tanrı tarafından anlık bir yaratılma eyleminin sonucu olduğumuzu ileri sürerek, evrimi reddeder. Birçok dindar insan evrimi kendi ruhsal inançları ile uyumlu hale getirmek için bir yol bulmuş olmakla beraber, ayrı yaratılmanın kelimesi kelimesine doğruluğuna bağlı kalarak böyle bir uzlaşmaya varmak olası değildir. Bu köktenci inançların yaygın olduğu Birleşik Devletler ve Türkiye'de evrim karşıtlığının oldukça güçlü olmasının nedenidir.

İstatistikler yalın bir biçimde, açık bilimsel evrim gerçekliğini kabul etmede nasıl dirençli olduğumuzu göstermektedir. Evrim gerçekliğine ilişkin tartışmasız kanıtlara rağmen, yıllardır yapılan anketler Amerikalıların biyolojinin bu tek dalı konusunda iç karartıcı şekilde şüpheci olduklarını göstermektedir. Örneğin, 2006 yılında 32 ülkeden erişkin insanlara "İnsanoğlu, bilindiği gibi, daha önceki bir hayvan türünden gelişmiştir" ifadesi konusunda ne düşündükleri sorularak, doğru, yanlış veya emin değilim şeklinde cevaplamaları istenmiştir. Evet, bu ifade kesin olarak doğrudur. İlerde göreceğimiz gibi, genetik ve fosil kanıtlar insanın kabaca 7 milyon yıl önce şempanze ile ortak atamızdan ayrılan bir primat soy hattından türediğini göstermektedir. Fakat sadece Amerikalıların % 40'ı, yani 10 kişiden 4'ü bu ifadeyi doğru bulmaktadır (1985 yılından % 5 daha düşük). Yanlış bulanların oranı % 39 olup, neredeyse bunun doğru olduğunu söyleyenlerin oranına denk gelmektedir. Geri kalan % 21 açıkça emin olmayanlardır.

Bu istatistikleri, diğer Batılı ülkelerin istatistikleri ile karşılaştırdığımız zaman durum daha dikkat çekici hale gelmektedir. Diğer anket yapılan 31 ülkeden, sadece dinsel köktenciliğin hüküm sürdüğü Türkiye'de, evrimi kabul edenler daha düşük çıkmıştır (% 25 kabul, % 75 ret). Avrupalılar arasında, diğer yandan, evrimi gerçek olarak görenlerin oranı Fransız, İskandinav ve İzlandalılar arasında % 80'in üzerinde olup çok daha iyi durumdadır. Japonya'da insanların % 78'i insanların evrimleştiği fikrine katılmaktadır. Amerika'nın atomun varlığını kabul eden ülkeler sıralamasında sonuncu ülkenin hemen önünde yer aldığını hayal edin! İnsanlar zaman geçirmeksizin fizik biliminin eğitimini iyileştirmek için işe koyulacaktır.

Sıra evrimin doğru olup olmadığına karar vereceğimiz zaman değil de, devlet okullarında öğretilip öğretilmeyeceği tartışmasına geldiğinde durum daha da kötüdür. Amerikalıların neredeyse üçte ikisi eğer evrim fen derslerinde öğretiliyorsa, yaradılışçılığın da öğretilmesi gerektiğini düşünmektedirler. Sadece % 12 (sekiz kişiden biri) evrimin bir alternatif olarak yaradılışçılıkdan bahsedilmeksizin öğretilmesi gerektiğini düşünmektedir-

ler. Belki "bütün yönleri öğretmek" savı Amerikalının eşitlik duygusuna hitap etmektedir, fakat bir öğretici için tamamen cesaret kırıcıdır. Peki diğer tarafta açık biçimde gerçek olan bir kuram var iken neden, yaygın biçimde inanılsa bile itibarsız, din temelli bir kuram öğretilmelidir? Bu tıp fakültelerinde Batı tıbbı yanında Şamanizm öğretimi veya psikoloji dersinde insan davranışları kuramına bir alternatif olarak astrolojinin sunulmasını istemek gibidir. Muhtemelen en korkutucu istatistik şudur: Yasal yasağa rağmen, neredeyse sekiz Amerikan lisesinden birinde biyoloji öğretmenleri biyoloji dersinde Darwinizm'in geçerli bir alternatifi olarak yaradılışçılık veya akıllı tasarımı anlattıklarını kabul etmektedirler. (Bu altı öğretmenden birinin "Tanrı insanı son 10 bin yıl içinde hemen hemen şimdiki şekliyle yaratmıştır" ifadesine inandıkları göz önüne alındığında sürpriz değildir).

Ne yazık ki, sıklıkla Amerika'ya özgü bir problem olduğu düşünülen evrim karşıtlığı, Birleşik Krallık ve Almanya'yı da kapsayan diğer ülkelere yayılmaktadır. Birleşik Krallık'da BBC tarafından 2006 yılında yapılan bir ankette iki bin kişiye yaşamın nasıl ortaya çıktığı ve geliştiği konusundaki görüşleri sorulmuştur. Yüzde 48 evrimsel görüşü kabul ederken, % 39 ya yaradılışçılık ya da akıllı tasarımı seçmiş, % 13 ise bilmiyorum diye yanıtlamıştır. Katılımcıların % 40'tan fazlası yaradılışçılık ya da akıllı tasarımın okulda fen derslerinde okutulması gerektiğini düşünmektedirler. Bu Amerika'daki istatistiklerden çok farklı değildir. Birleşik Krallık'da bazı okullar Birleşik Devletlerde yasadışı bir eğitim taktiği olan akıllı tasarımı evrime bir alternatif olarak öğretmektedirler. Evanjelik Hristiyanlığın kıta Avrupa'sında bir taban bulması ve Müslüman köktenciliğinin Orta Doğu'da yayılması ile yaradılışcılık yeniden hayat bulmaktadır. Ben şu anda yazarken, Türk biyologlar kendi ülkelerinde parasal bakımdan iyi desteklenen ve yaygaracı yaradılışçılara karşı artçı bir mücadele veriyorlar. Son ironi ise, yaradılışçılığın Galápagos takımadalarında bile bir taban oluşturmasıdır. Burada, evrimi simgeleyen toprağın ta kendisinde, Darwin'e ilham veren bu adalarda, bir Yedinci-gün Gelişçileri (bir Protestan kolu) okulu her inanıştan çocuğa katıksız bir yaradılışçı biyoloji tebliğ etmektedir.

Köktenci din ile çatışması yanında, evrimi çevreleyen çoğu kafa karışıklığı ve yanlış anlama, temelde evrim lehine olan kanıtların ağırlığı ve çeşitliliğinden haberdar olmamaktan kaynaklanmaktadır. Şüphesiz, bazılarının basitçe ilgi alanı değildir. Ancak problem bundan daha yaygın olan bilgi eksikliğidir. Biyolog meslektaşlarımın birçoğu bile evrim için mevcut birçok kanıt kaynağı ile tanışık değildir ve evrimi lisede öğrenmiş olmaları

gereken üniversite öğrencilerimin çoğu dersime, biyolojinin bu temel organize edici kuramı hakkında neredeyse hiçbir şey bilmeden gelmektedirler. Popüler basın yaradılışçılık ve onun günümüz türevi olan akıllı tasarıma geniş yer vermesine rağmen, bilim insanlarının evrimi neden kabul ettikleri konusunda neredeyse hiçbir arkaplan sunmamaktadırlar. Bu nedenle birçok insanın yaradılışçılık retoriği ve Darwinizm'in kasıtlı olarak yanlış tanıtımı ağına düşmelerine şaşırmamak gerekir.

Darwin bu kuram için kanıt toplayan ilk kişi olmakla beraber, onun zamanından bu yana yapılan bilimsel araştırmalar evrimin işbaşında olduğunu gösteren çok sayıda yeni örnek ortaya çıkarmıştır. Türün ikiye bölündüğünü gözlemliyoruz; kuş teleği olan dinozorlar, üyeleri olan balıklar ve memelilere dönüşen sürüngenler gibi geçmişteki değişimi gösteren daha çok fosil buluyoruz. Bu kitapta ilk kez Darwin tarafından önerilen süreçlerin "silinmez mührünü" gösteren genetik, paleontoloji, jeoloji, moleküler biyoloji, anatomi ve gelişim biyolojisinin modern çalışma konularının birçoğunu birlikte ele alıyorum. Evrimin ne olduğunu, ne olmadığını ve tahrik edici bir kuramın geçerliliğinin nasıl sınanabileceğini inceliyorum.

Evrimin tam önemini kavramanın şüphesiz düşüncede köklü bir dönüşüm gerektirdiğini, ancak bunun kaçınılmaz olarak yaradılışçıların insanları Darwinizm'den vazgeçirmeye çalışırken sürekli olarak resmettikleri korkunç sonuçlara yol açmayacağını da göreceğiz. Evrimi kabul etmenin sizi umutsuz bir nihiliste dönüştürmesi veya yaşamınızın amacı ve anlamını aşındırması gerekmez. Sizi ahlaksız yapmayacağı gibi, size Stalin veya Hitler'in duygularını aşılamaz. Ne de ateizmi teşvik eder; aydınlanmış din her zaman bilimsel gelişmelerle uzlaşacak bir yol bulur. Gerçekten de, evrimi anlamak canlı dünyaya hayranlık duygumuzu ve onun içindeki yerimizi derinleştirecek ve zenginleştirecektir. Bizlerin de aslanlar, sekoya ağaçları ve kurbağalar gibi, her adımda küçük bir üreme avantajı sağlayan bir genin diğerinin yerini yavaşça almasının bir sonucu olarak oluştuğumuz gerçeği, şüphesiz hiçbir şeyin olmadığı bir andan, aniden her şeyin oluştuğunu ileri süren hikâyelerden daha doyurucudur. Çoğunlukla olduğu gibi, yine en iyi şekilde Darwin şöyle ifade eder:

> Ben tüm varlıkları ayrı yaratımlar olarak gördüğümde değil ve fakat Kambriyen sistemi çökellerinde ilk yatakların oluşmasından çok daha önceleri yaşayan birkaç varlıktan türeyen soy hatları olarak gördüğüm zaman, bunlar bana daha ulvi geliyorlar.

Evrim Neden Gerçektir

Bölüm 1

Evrim Nedir?

Evrim kuramının acayip yönlerinden biri de,
herkesin onu anladığını sanmasıdır.
–Jacques Monod

Eğer doğa hakkında gerçek olan bir şey varsa, oda bitki ve hayvanların yaşamlarını sürdürmek için girift ve neredeyse mükemmel bir şekilde tasarlanmış görünmeleridir. Mürekkep balıkları ve yassı balıklar çevreleriyle kaynaşmak için renk ve desen değiştirir, yırtıcıları ve avcıları için görünmez hale gelirler. Yarasaların gece böcekleri algılayan radarları vardır. Havada asılı kalabilen ve aniden yer değiştirebilen sinek kuşları, bütün insan yapısı helikopterlerden daha iyi manevra yaparlar ve çiçek tabanının derinliklerinde bulunan nektarı emmek için uzun dilleri vardır. Ziyaret ettikleri çiçekler de, sinek kuşlarını eşleşmede yardımcı olarak kullanacak şekilde, tasarlanmış gibidir. Sinek kuşu nektar emmek için uğraşırken, çiçek polenini gagasına iliştirir ve kuşun ziyaret ettiği bir sonraki çiçeği döllemesine olanak sunar. Doğa, her türün karmaşık bir parça veya dişlisini oluşturduğu iyi işleyen bir makinaya benzer.

Tüm bunlar neye işaret eder görünmektedir? Şüphesiz usta bir sanatçıya! Bu sonuç 18. yüzyıl İngiliz filozofu William Paley tarafından çok iyi bir şekilde ifade edilmiştir. Ona göre, eğer yerde duran bir saat görürsek,

şüphesiz bunun bir saatçinin elinden çıktığına hükmederiz. Aynı şekilde, iyi-uyarlanmış organizmaların ve bunların karmaşık özelliklerinin varlığı hiç kuşkusuz bilinçli, kutsal bir tasarımcıyı yani Tanrı'yı işaret etmekteydi. Felsefe tarihinde en bilinenlerden biri olan Paley'in savına bakalım:

> Saati incelemeye başlarsak, birkaç parçasının çerçevelendiğini ve bir amaç için bir araya getirildiklerini, örneğin devinim oluşturmak için oldukça iyi şekil verildikleri ve ayarlandıklarını, bu devinimin günün saatlerini gösterecek şekilde oldukça iyi düzenlendiğini; eğer farklı parçalar şimdi olduklarından farklı şekillerde, oluşturulmuş olsalardı, olduklarından farklı boyutlarda olsalardı ya da herhangi diğer bir şekilde yerleştirilselerdi veya şu an yerleştirilmiş olduklarından farklı bir sırayla yerleştirilmiş olsalardı, ne makinanın yapageldiği hiçbir devinim olacak, ne de şu anda hizmet verdiği şekilde ihtiyaca cevap vermeyecekti.... bunu anlayabiliriz. Saatte görünen düzenin her işareti, tasarımın her ifadesi, doğanın işleyişinde de açığa çıkar; doğa bakımından farklılık bütün hesaplamaları aşan derecede fazla ve büyük oluşudur.

Paley'in dilbazca ileri sürdüğü bu tez hem akla yatkın hem de eskidir. Kendisi ve "doğal teolog" meslektaşları bitki ve hayvanları tanımladıkları zaman, Tanrının iyi-tasarımlı yaratıklarda ifadesini bulan ihtişam ve dehasını katalogladıklarına inanıyorlardı.

Darwin tasarım sorununu bertaraf etmezden önce 1859'da kendisi gündeme getirdi.

> Tüm bu organizasyonun bir parçasının diğer parçasına ve yaşam koşullarına ve ayrı bir organik varlık olmalarına zarif uyumları nasıl mükemmelleşmiştir? Bu güzel birlikte-uyumları en açık biçimde ağaçkakan ve ökseotunda ve daha az açık biçimde bir dört üyelinin kılı veya bir kuşun teleklerine tutunan en mütevazı parazitte; suya dalan bir kınkanatlının yapısında; hafif bir esintide uçan tüylü tohumda kısacası güzel uyumları her yerde ve organik dünyanın her parçasında görürüz.

Darwin'in bu tasarım bilmecesine kendi cevabı vardı. Esasında rahip olmak için Cambridge Üniversitesinde (ironi olarak burada Paley'nin önceki odalarını kullanmıştır) okumuş meraklı bir doğasever olan Darwin,

Paley'inki gibi tezlerin baştan çıkarıcı gücünü iyi biliyordu. Bitkiler ve hayvanlar konusunda daha fazla bilgiye sahip oldukça, tasarımlarının yaşam yollarına ne kadar iyi uyduğu konusunda daha fazla hayrete düşeriz. Bu uyumun *bilinçli* tasarımı yansıttığını çıkarsamaktan daha doğal ne olabilir? Evet, Darwin bilinçli tasarım düşüncesini sonsuza kadar gömen iki düşünce ileri sürerek ve çok sayıda kanıtla destekleyerek, herkes için açık olanın ötesine baktı. Bu düşünceler evrim ve doğal seçilimdi. Evrimi düşünen ilk kişi değildi. Kendi dedesi Erasmus Darwin dâhil kendinden önce başka kişiler de yaşamın evrimleştiği düşüncesini dillendirmişlerdir. Ancak Darwin doğadan veriler kullanarak evrimin gerçek olduğuna insanları ikna eden ilk kişi idi ve doğal seçilim fikri bütünüyle yeniydi. 1859'dan önce çoğu eğitimli Batılı tarafından kabul edilen doğal teoloji yaklaşımının, 500 sayfalık tek bir kitap tarafından sadece birkaç yıl içinde yok edilişi onun dehasını kanıtlamaktadır. *Türlerin Kökeni Üzerine* yaşamın çeşitliliği gizemlerini mitolojiden gerçek bilime dönüştürdü.

Öyle ise "Darwinizm" nedir?[1] Bu basit ve son derece şaheser kuram, doğal seçilim yoluyla evrim kuramı, çok sıkça yanlış anlaşılmış ve hatta seyrekte olsa haince yanlış anlatılmıştır; bu nedenle bir an durup ana noktalarını ve iddialarını doğru biçimde ortaya koymak gerekir. Bunlara her birinin kanıtlarını tartışırken tekrar tekrar geri döneceğiz.

Temel olarak, modern evrim kuramını anlamak kolaydır. Bir tek cümlede (fakat biraz uzunca) özetlenebilir: Yerküre üzerinde 3,5 milyar yıl önce bir ilkin hücre (muhtemelen kendini-çoğaltabilen bir molekül) ile başlayan yaşam giderek evrimleşti; zaman içinde birçok yeni ve çeşitli türlere dönüşen dallara ayrıldı ve evrimsel değişimlerin çoğu için (hepsi için değil) mekanizma doğal seçilimdir.

Bu cümleyi parçalara ayırdığımız zaman, esasen altı bileşenden meydana geldiğini görürsünüz: Evrim, kademeli değişim (gradualizm), türleşme, ortak atalık, doğal seçilim ve seçilimci olmayan evrimsel mekanizmalar. Şimdi bu bileşenlerin her birinin ne anlama geldiğini inceleyelim.

İlk önce *evrim* düşüncesinin kendisine bakalım. Basitçe bir türün zaman içinde genetik değişime uğradığı anlamına gelir. Yani bir tür birçok nesil sonunda oldukça farklı bir varlığa evrimleşebilir ve bu farklılıklar mutasyon olarak açığa çıkan DNA'daki değişimlere dayanır. Bugün yaşamakta olan hayvan ve bitki türleri, geçmişte etrafta yoklardı; fakat daha

önce yaşamış olanlardan türediler. Örneğin insanlar, modern insansı maymunlarla aynı olmayan, insansı maymunlar benzeri bir yaratıktan evrimleşmiştir.

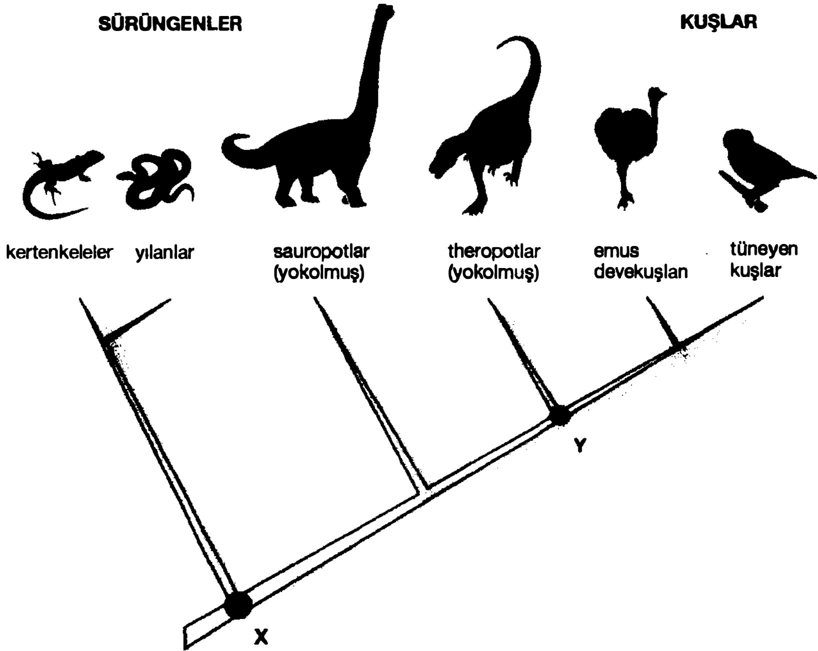
Tüm türler evrimleşmekle birlikte, bunu aynı hızda yapmazlar. Atnalı yengeci ve gingko ağaçları gibi bazı türler milyonlarca yıl boyunca çok az değişmişlerdir. Evrim kuramı türlerin sabit şekilde evrimleşecekleri ya da bunu hangi hızda yapacakları konusunda, bir öngörüde bulunmaz. Bu maruz kaldıkları evrimsel baskılara bağlıdır. Balinalar ve insanlar gibi gruplar hızlı bir biçimde evrimleşmişlerdir; hâlbuki "yaşayan fosil" sölekantlar gibi diğerleri, yüzlerce milyon yıl önce yaşamış ataları ile neredeyse aynı görülürler.

Evrim kuramının ikinci ilkesi *kademeli değişim* düşüncesidir. Kuşların sürüngenlerden evrimleşmesi gibi, önemli bir değişimin üretilmesi birçok nesil gerektirir. Memelileri sürüngenlerden ayıran diş ve çene gibi yeni özelliklerin evrimleşmesi sadece bir veya birkaç nesilde ortaya çıkmaz; fakat genellikle yüzlerce veya binlerce ve hatta milyonlarca nesil gerektirir. Doğru, bazı değişimler oldukça hızlı bir biçimde ortaya çıkabilir. Mikrop populasyonları, bazıları 20 dakika kadar olan, oldukça kısa nesil süresine sahiptirler. Bu durum hastalık yapan bakteri ve virüslerde moral bozucu şekilde ilaç dirençliliğinin hızlı bir şekilde oluşmasından sorumlu olarak, bu türlerin kısa bir zaman diliminde çok fazla evrim geçirebildikleri anlamına gelir. Bir insan ömrü süresince açığa çıktığı bilinen birçok evrim örneği vardır. Ancak gerçekten büyük değişimlerden konuştuğumuz zaman, genellikle birçok bin yıl gerektiren değişimlere gönderme yapıyoruz. Ancak kademeli değişim her türün aynı hızda evrimleştiği anlamına gelmemektedir. Farklı türlerde evrimleşme hızı farklı olduğu gibi, tek bir tür evrimsel baskıların artış ve azalışına bağlı olarak hızlı veya yavaş evrimleşebilir. Bir hayvan veya bitkinin yeni bir çevreyi işgal etmesinde olduğu gibi, doğal seçilim güçlü olduğunda, evrimsel değişim hızlı olabilir. Bir kez, bir tür uygun bir habitata iyi uyum sağlar hale geldiğinde, evrim genellikle yavaşlar.

Sonraki iki ilke bir paranın iki yüzü gibidir. Birçok yaşayan tür bulunduğu halde ben, siz, fil ve saksıdaki kaktüsün bazı temel özellikleri paylaşmaları çarpıcı bir gerçekliktir. Bunlar arasında enerji üretmek için kullandığımız biyokimyasal yollar, dört harfli standart DNA şifremiz ve şifrenin nasıl okunduğu ve proteinlere tercüme edildiği sayılabilir. Bu bize,

tüm türlerin tek bir ortak ataya, yani bu ortak özellikleri taşıyan ve onları ardıllarına aktaran bir ataya, dayandığını söyler. Fakat eğer evrim sadece bir tür içerisinde kademeli değişim anlamına gelmiş olsaydı, bugün sadece tek bir türe, yani ilk türden türemiş olan oldukça evrimleşmiş tek bir türe sahip olacaktık. Hâlbuki birçok türe sahibiz: Bugün gezegenimizde 10 milyonun çok üzerinde tür yaşamaktadır; ayrıca yaklaşık çeyrek milyon kadar fosil biliyoruz. Yaşam çeşitlidir. Bu çeşitlilik tek bir atasal formdan nasıl doğar? Bu evrimin üçüncü düşüncesini gerektirir, yani *ayrılma* ve daha doğru bir deyimle *türleşme.*

Kuşlar ve sürüngenler arasındaki akrabalık ilişkisini betimleyen örnek bir evrimsel ağacı gösteren Şekil 1'e bakınız. Bunları hepimiz görmüşüzdür; ancak gerçekten ne anlama geldiğini öğrenmek için biraz daha yakından inceleyelim. Varsayalım X düğümü bir taraftan yılanlar ve kertenkeleler gibi modern sürüngenlere, diğer taraftan da modern kuşlar ve onların dinozor akrabalarına giden soy hatlarına bölündüğünde tam olarak ne olmaktadır? Düğüm X, iki altsoy türe ayrılan eski bir sürüngeni, yani tek *bir atasal türü* temsil etmektedir.



ŞEKİL 1. Sürüngenlerde ortak atalığın bir örneği. X ve Y kendilerinden sonra evrimleşen formlar arasında ortak ata olan türlerdir.

Altsoylardan biri, sonunda birçok kez ayrılan ve bütün dinozorlar ile modern kuşların ortaya çıkmasına yol açan kendi şenlikli yolunda gitmiştir. Diğer altsoy da aynısını yapmış, ancak çoğu modern sürüngeni oluşturmuştur. Ortak ata X çoğu kez altsoy gruplar arasındaki "kayıp halka" olarak bilinir. Kuşlar ve modern sürüngenler arasındaki soy bağlantısıdır. Soy hatlarını geriye doğru izlediğinizde en sonunda varacağınız birleşme noktasıdır. Burada daha yakın zaman bir "kayıp halka" da bulunmaktadır: Düğüm Y, *Tyrannosaurus rex* (günümüzde hepsi yokolmuş) gibi iki ayaklı et-yiyen dinozorlar ile modern kuşların ortak atası olan türdür. Tüm ortak atalar artık bizimle olmamalarına rağmen ve fosillerini belgelemek neredeyse olanaksız olsa da (unutulmamalıdır ki, binlerce türden sadece bir tanesi fosil kayıtlarda temsil edilmektedir); bazen onlarla yakın akraba olan, ortak atalığı gösteren özelliklere sahip türlerin fosillerini keşfedebilmekteyiz. Örneğin, bir sonraki bölümde, düğüm Y'nin varlığını destekleyen "telekli dinozorlar" konusunda bilgileneceğiz.

Ata X iki türe ayrıldığında ne olmuştur? Aslında fazla bir şey değil. Daha sonra göreceğimiz gibi, türleşme basit olarak kendi aralarında üreyemeyen, yani gen değişimi yapamayan farklı grupların evrimi anlamına gelir. Bu ortak ata ayrılmaya başladığı zaman etrafta olsaydık göreceğimiz şey muhtemelen farklı yerlerde yaşayan birbirinden küçük farklıklarla evrimleşmeye başlayan tek bir sürüngen türünün iki populasyonu olacaktı. Uzun bir zaman sonunda, bu farklılıklar kademeli olarak artış gösterir. Sonunda bu iki populasyon, farklı populasyonların üyelerinin birbiri ile üreyemeyecekleri ölçüde genetik farklılaşma evrimleşecektir (Bunun olabileceği birçok yol vardır. Farklı hayvan türlerinin üyeleri artık birbirlerini eş olarak çekici bulmayabilirler ya da birbirleriyle çiftleşseler bile yavruları kısır olabilir. Farklı bitki türleri, çaprazlamayı önleyecek şekilde farklı tozlaştırıcılar kullanır veya farklı zamanlarda çiçek açar).

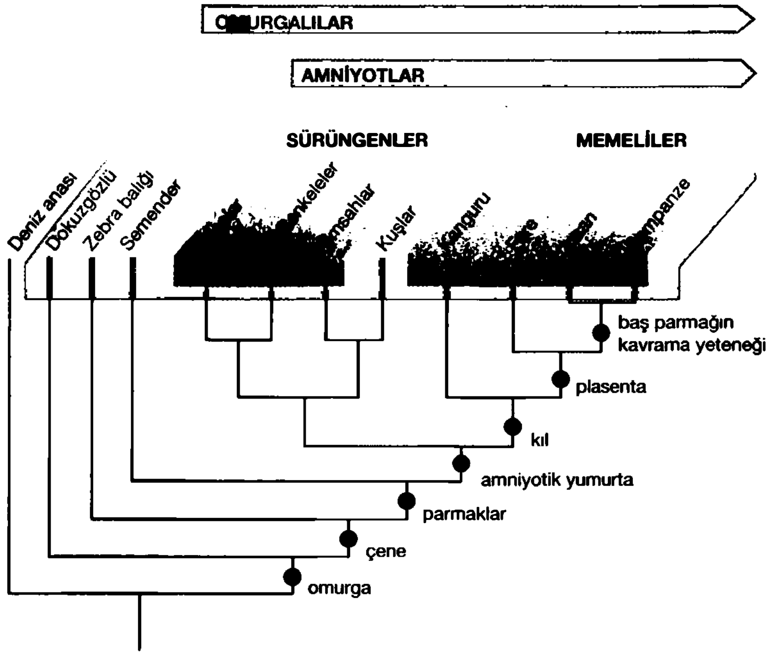
Milyonlarca yıl sonra ve daha fazla ayrılma olayından sonra altsoy dinozor türlerinden biri, yani düğüm Y'nin kendisi tekrar iki türe ayrılır; biri sonunda bütün iki ayaklı ve karnivor (etçil) dinozorları ve diğeri ise tüm yaşayan kuşları oluşturur. Evrimsel tarihteki bu kritik an, yani tüm kuşların atasının doğuşu, o zaman bu kadar dramatik görünmemiş olmalıdır. Sürüngenlerden uçan yaratıkların aniden ortaya çıkışını göremeyecektik, fakat muhtemelen çeşitli insan populasyonlarının üyeleri arasında bugün

gördüğümüzden fazla olmayan, aynı dinozorların sadece biraz farklı iki populasyonunu görecektik. Tüm önemli değişimler, ayrılmadan sonra binlerce nesil süresince, seçilim bir soy hattında uçmayı teşvik etmek üzere diğerinde ise iki ayaklı dinozorların özelliklerini desteklemek üzere çalıştığında açığa çıktılar. Y türünü *T. rex* ve kuşların ortak atası olarak tanımlayabilmemiz sadece geçmişe bakıştır. Bu evrimsel olaylar yavaştı; ancak tüm bu evrimsel akışın ayrılan altsoylarını bir sırada düzenlediğimiz zaman önemli görünmektedir.

Fakat tür ayrılmak *zorunda* değildir. İster kendilerine bağlı olsun, göreceğimiz gibi, isterse de koşullardan kaynaklansın populasyonlar artık birbirleri ile çiftleşemeyecek kadar farklılıklar evrimleştirirler. Türlerin büyük çoğunluğu (% 99'undan fazlası) herhangi bir altsoy bırakmadan yok olurlar; gingko ağaçları gibi diğerleri ise birçok yeni tür üretmeksizin milyonlarca yıl yaşarlar. Türleşme çok sık olan bir olgu değildir. Fakat her defasında bir tür ikiye ayrıldığından *gelecek* türleşmeler için olanak sayısını ikiye katlar; yani tür sayısı üstel olarak artabilir. Türleşme yavaş olmakla birlikte, dünya üzerindeki yaşayan bitki ve hayvanların göz kamaştırıcı çeşitliliğini kolayca açıklayabilecek şekilde, tarihin bu uzun dönemleri süresince, yeterli sıklıkta meydana gelir.

Türleşme Darwin için o kadar önemliydi ki en ünlü kitabının başlığı yaptı. Bu kitabında türlerin bölünmesi için bazı kanıtlar sundu. *Türlerin Kökeni*'ndeki tek diyagram Şekil 1'dekine benzeyen hipotetik bir evrimsel ağaçtı. Fakat Darwin genetik bilgiden yoksun olduğundan, türün anlamını açıklamanın gen değişimine engel bariyerleri açıklamak olduğunu gerçekte hiçbir zaman anlamadığı için, aslında yeni türlerin nasıl açığa çıktığını da açıklayamadı. Türlerin nasıl açığa çıktıklarının asıl anlaşılması yanlızca 1930'larda başladı. Bölüm 7'de benim kendi çalışma alanım olan bu süreç hakkında söylenecek daha fazla sözüm var.

Eğer yaşam tarihi tek bir gövdeden köken alan bütün türleriyle bir ağaç oluşturuyorsa; her bir filiz çatalı için (yaşayan türler) ortak oldukları dalda kesişene kadar, her filizin bulunduğu dal boyunca geriye iz sürerek, ortak bir atanın bulunabileceğini sonucuna varmak mümkündür. Bu düğüm, gördüğümüz gibi, bunların ortak atasıdır. Eğer yaşam bir tür ile başlamış ve bir dallanma süreci yoluyla milyonlarca altsoy türe ayrılmışsa, her bir tür çiftinin geçmişte bir zamanda ortak bir ata paylaştığı sonucunu doğurur.



ŞEKİL 2. Evrimin özellikler ve bu özellikleri taşıyan türlerin hiyerarşik bir gruplamasını nasıl ürettiğini gösteren bir omurgalı filogenisi (evrimsel ağacı).

Yakın akraba insanlar gibi, yakın akraba türler görece yakın zamanda yaşamış bir ortak ataya sahiptirler, hâlbuki daha uzak akraba türlerin ortak atası, yine uzak akraba insanlar gibi, daha uzak geçmiş bir zamanda yaşadı. Öyle ise, ***ortak atalık*** düşüncesi, yani Darwinizm'in dördüncü bileşeni, türleşmenin diğer yüzüdür. Basitçe, ister DNA dizisi isterse fosil kullanarak zamanda geriye doğru bakabileceğimiz ve altsoyların atalarına bağlandıklarını bulabileceğimiz anlamına gelir.

Şimdi omurgalılara ait bir evrimsel ağaç inceleyelim (Şekil 2). Bu ağaç üzerine biyologların evrimsel akrabalık ilişkilerini çıkarsamak için kullandıkları bazı özellikler koydum. Başlangıç için, balıklar, çiftyaşamlılar, memeliler ve sürüngenlerin hepsi bir sırt kemiğine sahiptir, yani "omurgalı" hayvanlardır. Öyle ise omurgası olan ortak bir atadan türemiş olmalıdırlar. Ancak omurgalılar içinde sürüngenler ve memeliler bir "amniyotik yumurtaya" sahip olmaları nedeniyle birleşirler (balık ve çiftyaşamlılardan ayrılırlar). Embriyo amniyon olarak adlandırılan sıvı dolu bir zar ile çev-

rilir. Öyle ise sürüngenler ve memeliler böyle bir yumurta taşıyan daha yakın dönem bir ortak ataya sahip olmalıydılar. Ancak bu grup da, birinde türlerin tümünün kıla sahip, sıcak-kanlı ve süt ürettiği (yani memeliler); diğerinde ise türlerin soğuk-kanlı, pullu ve sugeçirmez yumurta ürettiği (yani sürüngenler) iki alt grup içermektedir. Tüm türler gibi, bunlar da birbiri içine yuvalanmış bir hiyerarşi oluştururlar. Neredeyse tüm özelliklerini paylaşan kara ve boz ayılar gibi, üyelerinin birkaç özellik paylaştıkları büyük tür gruplarının daha fazla özellik paylaşan daha küçük gruplarına ve nihayet türe kadar bölündükleri bir hiyerarşidir.

Aslında, yaşamın birbiri içine geçmiş düzenlemesi Darwin'den çok önceleri anlaşılmıştır. İsveçli botanikçi Carl Linnaeus ile 1635'te başlayarak biyologlar bitki ve hayvanları sınıflandırmaya başlamışlardır ve canlıların devamlı olarak o zaman "doğal" sınıflandırma olarak tanımlanan bir sisteme girdiklerini keşfetmişlerdir. İlginç biçimde, farklı biyologlar neredeyse aynı gruplama fikriyle gelmişlerdir. Bunun anlamı bu gruplamaların sübjektif, yapay bir insan ihtiyacı sınıflandırma olmadıkları, aksine bize doğa hakkında gerçek ve temel bir şeyler söylediğidir. Fakat bu şeyin ne olduğunu, Darwin ortaya çıkıp bu birbiri içine yuvalanmış düzenlemenin tam da evrimin öngördüğü şey olduğunu gösterene kadar, kimse bilmiyordu. Yakın zaman ortak atalı canlılar birçok özellik paylaşırken, ortak ataları tarihin derinliklerinde yatan canlılar daha az benzerlerdi. "Doğal" sınıflandırmanın kendisi evrim için güçlü bir kanıttır.

Neden? Çünkü ayrılma ve türeme evrimsel süreçleriyle açığa çıkmayan nesneleri gruplamaya çalıştığımızda böylesi bir yuvalanmış düzenlenme görmüyoruz. Benim de geçmişte koleksiyonunu yaptığım kibrit kutularını ele alalım. Örneğin; kibrit kutularını hiyerarşik bir şekilde önce büyüklüklerine, daha sonra büyüklük içinde ülkelerine ve ülke içinde de renklerine ve benzeri şekilde ayırabilirsiniz. Ya da reklamını yaptıkları ürün tipi ile başlayabilir ve daha sonra renk ve tarihlerine göre ayırabilirsiniz. Bunları düzenlemek için birçok yol vardır ve herkes bunu farklı yapacaktır. Tüm koleksiyoncuların üzerinde uzlaşabilecekleri tek bir düzenleme sistemi yoktur. Çünkü kibrit kutuları evrimleşmez, yani her bir kibrit kutusu sadece birazcık farklılaşarak diğer birini oluşturmaz. Her biri tasarımı sıfırdan yapılmış olan birer insan fantezisidirler. Kibrit kutuları yaratılışçı yaşam açıklaması altında yaratık çeşitlerine benzer. Böylesi bir durumda

organizmalar ortak ataya sahip olmayacaklardır, fakat basitçe çevrelerine uyum sağlamak için *de nova* tasarlanmış formların bilinçli bir yaratımı formudurlar. Bu senaryo altında, türlerin tüm biyologlar[2] tarafından kabul edilen yuvalanmış hiyerarşik formlar içine girmelerini görmeyi beklemeyiz.

Yaklaşık 30 yıl öncesine kadar, biyologlar yaşayan türlerin atasını yeniden yapılandırmak için anatomi ve üreme biçimi gibi görünür özellikleri kullanıyorlardı. Bu, benzer özelliklere sahip organizmaların benzer genlere sahip oldukları ve böylelikle daha yakın akraba oldukları mantıksal kabulüne dayanıyordu. Ancak şimdilerde ortak ata oluşturmanın yeni, güçlü ve bağımsız bir yoluna sahibiz. Doğrudan genlerin kendilerine bakabilmekteyiz. Çeşitli türlerin DNA'sını dizileyerek ve bu dizilerin ne kadar benzer olduklarını hesaplamakla, bunların evrimsel akrabalık ilişkilerini yeniden yapılandırabiliriz. Bu tamamen mantıksal olan daha benzer DNA'ya sahip olan türlerin daha yakın akraba oldukları, yani ortak atalarının daha yakın zamanda yaşadığı kabulünden hareketle yapılmaktadır. Bu moleküler yöntemler DNA çağı öncesi yaşam ağacında çok fazla bir değişikliğe yol açmadı. Organizmaların görünen özellikleri ve DNA dizilerinin her ikisi de evrimsel akrabalık ilişkileri konusunda genellikle aynı bilgiyi verdiler.

Ortak ata düşüncesi doğal olarak evrim konusunda güçlü ve sınanabilir öngörülere yol açar. Eğer kuşlar ve sürüngenlerin özellikleri ve DNA dizileri temelinde birlikte gruplandıklarını görürsek, kuşlar ve sürüngenlerin ortak atalarını fosil kayıtlarda bulmamız gerektiğini öngörebiliriz. Böylesi öngörüler evrim için en güçlü bazı kanıtlar sağlayacak şekilde doğrulanmıştır. Bir sonraki bölümde bu atalardan bazılarıyla tanışacağız.

Evrim kavramının beşinci ilkesi Darwin'in kendisinin de açık biçimde büyük entelektüel başarısı olarak gördüğü *doğal seçilim* düşüncesidir. Bu düşünce gerçekte sadece Darwin'e özgü değildi. Çağdaşı doğa bilimci Alfred Russel Wallace bilim tarihinde en önemli eş zamanlı keşiflerden biri olarak yerini alan bu düşünceye hemen hemen aynı zamanda ulaşmıştı. Ancak Darwin *Türlerin Kökeni*'nde seçilim düşüncesini ayrıntılı bir şekilde çözümlediği, kanıtlar gösterdiği ve birçok sonucunu açıkladığı için itibardan aslan payını almaktadır.

Ancak doğal seçilim evrim kuramının Darwin zamanında da en devrimci ilkesi olarak değerlendirilmekteydi ve günümüzde birçokları için rahatsız edicidir. Seçilim aynı nedenle hem devrimci hem de rahatsız edi-

cidir. Çünkü, doğadaki açık tasarımı, doğaüstü bir gücün yaratımı veya rehberliğini gerektirmeyen bütünüyle materyalist bir süreç olarak açıklar.

Doğal seçilim düşüncesini kavramak zor değildir. Eğer bir tür içerisinde bireyler birlerinden genetik olarak farklı iseler ve bu farklılıklardan bazıları bireyin çevresinde üreme ve hayatta kalma yeteneğini etkiliyorsa, bir sonraki nesilde daha yüksek üreme ve hayatta kalma başarısına yol açan "iyi" genler "pek iyi olmayan" genlere göre, göreli olarak daha fazla kopyaya sahip olacaklardır. Zaman içinde, populasyon kademeli olarak yararlı mutasyonlar açığa çıktıkça ve populasyonda yayıldıkça ve zararlı mutasyonlar elendikçe, göreli olarak çevresine daha iyi uyum sağlar hale gelecektir. En sonunda, bu süreç çevrelerine ve yaşam yollarına iyi uyum sağlamış organizmalar üretir.

İşte basit bir örnek! Yünlü mamut Avrasya ve Kuzey Amerika'nın kuzey kısımlarında yaşamaktaydı ve kıllı, kalın bir kürk taşıması nedeniyle soğuğa uyum sağlamıştı (bütünüyle donmuş örnekleri tundrada gömülü olarak bulunmuştur).[3] Muhtemelen, modern fillere benzeyen ve az kılı olan bir mamut atadan türemişlerdir. Atasal türdeki mutasyonlar bazı mamut bireylerinin (bazı modern insanlardaki gibi) diğerlerinden daha kıllı olmalarını yol açtı. İklim soğuk hale gelince ya da tür daha kuzey bölgelere yayıldıkça, kıllı bireyler kılsız rakiplerine göre bu çok soğuk çevrelerine katlanmakta daha yetenekliydiler ve daha fazla döl bıraktılar. Bu populasyonu kıllılık genleri bakımından zenginleştirdi. Bir sonraki nesilde, ortalama bir mamut öncesine göre birazcık daha kıllı olacaktı. Bu süreç bir kaç bin nesil boyunca çalıştığında sizin pürüzsüz mamutlarınız kaba kıllı olanlarla yer değiştirir. Soğuğa dirençliliğimizi etkileyen birçok farklı özellik de (örneğin, vücut büyüklüğü, yağ miktarı ve benzeri), bu özellikler ile birlikte değişecektir.

Bu süreç dikkate değer biçimde basittir. Sadece bir türün bireylerinin çevrelerinde üreme ve hayatta kalma yetenekleri açısından genetik olarak çeşitli olmasını gerektirir. Bu sağlandığında, doğal seçilim ve evrim kaçınılmazdır. Daha ilerde göreceğimiz gibi bu gereklilik incelenmiş olan tüm türlerde her zaman karşılanmaktadır. Birçok özelliğin bireyin çevresine uyumunu (yani "uyum gücü") etkileyebileceği düşünüldüğünde, doğal seçilim zaman içerisinde, bir hayvan veya bitkiyi tasarlanmış gibi görünen bir nesneye bir heykel tıraş gibi işleyebilir. Ancak eğer organizmalar doğal

seçilim yolu ile evrimleşme değil de, bilinçli bir şekilde tasarlanmış olsalardı, ne görmeyi beklememiz gerektiği konusunda gerçek bir farklılık bulunduğunu bilmek önemlidir. Doğal seçilim usta bir mühendis değil, fakat usta bir düşünürdür. Sıfırdan başlayarak, bir tasarımcı tarafından varılabilecek mutlak mükemmeli üretmez, fakat daha çok eldeki ile en iyi ne yapılabilecekse onu yapar. Mutasyonlar oldukça nadir olduklarından, mükemmel bir tasarım açığa çıkaracak kadar oluşmayabilirler. İki rastgele yerleşmiş boynuzuyla Afrika gergedanlarını, zarif fakat bir boynuzlu Hindistan gergedanlarına göre kendini savunmaya ve rakipleriyle dövüşmeye daha uyumlu hale getirmiş olabilir (aslında bunlar gerçek boynuzlar olmayıp, bir araya gelmiş kıllardır). Ancak, iki boynuz üreten mutasyon sadece Hindistan gergedanlarında meydana gelmemiş olabilir. Yine de, tek boynuz hiç boynuz olmamasından daha iyidir. Hindistan gergedanı boynuzsuz atasına göre daha iyi durumdadır. Ne var ki, genetik tarihin kazaları daha az mükemmel bir "tasarıma" yol açabilmiştir. Şüphesiz bir bitki veya hayvanın başına gelen her parazitlenme ya da ortadan kalkış olayı uyarlamada bir başarısızlığı temsil eder. Aynı biçimde tüm zamanlarda yaşamış türlerin % 99'undan çok fazlasını temsil eder. Bütün yok oluş olayları için de aynı şey söylenebilir. (Bu arada bu konu akıllı tasarım (AT) hipotezleri için ciddi problemler doğurur. Kaderlerinin sonunda yok olmak olduğu milyonlarca tür tasarlamak ve yok olduklarında yerlerine yine çoğunun yok olacağı benzer tür koymak çok akıllıca görünmemektedir. AT savunucuları bu zorluğa hiçbir zaman bir açıklama getirememektedirler).

Doğal seçilim ayrıca bir organizmanın tasarımı ile bir bütün olarak çalışmak zorundadır. Bu ise farklı uyumlar arasında bir uzlaşı gerektirir. Dişi deniz kaplumbağaları yuvalarını sahilde–yumurtalarını yırtıcılara açık kılan yavaş, zahmetli ve hantal bir süreç–yüzgeçleri ile kazarlar. Daha kürek-benzeri yüzgeçlere sahip olmak, daha iyi ve hızlı bir iş yapmalarına yardımcı olabilirdi, ancak bu durumda ise iyi yüzemeyeceklerdir. Bilinçli bir tasarımcı deniz kaplumbağalarına kürek-benzeri olan katlanabilir fazladan bir çift üye verebilirdi. Fakat tüm diğer sürüngenler gibi kaplumbağalar da, üyelerini dört ile sınırlayan bir gelişimsel plana mecbur kılınmışlardır.

Organizmalar sadece mutasyon çekiliş şansının insafına kalmamış, ayrıca gelişimsel ve evrimsel tarihleri tarafından da sınırlandırılmışlardır. Mutasyonlar mevcut özelliklerde açığa çıkmış olan değişimlerdir; neredeyse hiçbir zaman yepyeni bir özellik yaratamazlar. Bu evrimin, atasının tasarımından başlayarak, yeni bir türü oluşturmak zorunda olduğu anla-

mına gelir. Evrim, yapacağı her yeni yapıyı mevcut binaya uydurarak ve tüm süreç boyunca yapıyı oturulabilir tutacak şekilde, bir binayı sıfırdan tasarlama olanağı olmayan bir mimara benzer. Bu bazı ödünler verilmesine yol açar. Örneğin daha düşük sıcaklığın spermler için daha iyi olduğu biz erkeklerde, testislerimizin doğrudan vücut dışında oluşmaları daha iyi olabilirdi.[4] Ancak testisler gelişmelerine karında başlarlar. Fetüs 6 veya 7 aylık olduğunda, vücudun geri kalanının zararlı sıcaklığından uzaklaştırılmak için, inguinal kanallar olarak bilinen iki kanal yoluyla aşağıya testis torbasına (skrotum) göç ederler. Bu kanallar, vücut duvarında erkekleri kasık fıtığını açık hale getiren deliklere sahiptirler. Bu fıtıklar kötüdür. İnce bağırsağı düğümleyebilirler ve bazen ameliyatla düzeltilmezden önce ölümlere neden olabilirler. Hiçbir akıllı tasarımcının bize bu zulmedici testis yolculuğunu vermesi düşünülemez. Eşey bezlerini bütünüyle karın içerisinde geliştiren ve tutan, balık benzeri atadan miras aldığımız için, testis yapmak için gelişimsel programımızda bu durumla baş başa kaldık. Biz balık benzeri içsel testislerle gelişmeye başladık ve bizim testislerimiz acemice bir eklemlenmeyle sonradan evrimleşti.

Öyle ise doğal seçilim ortaya mükemmellik çıkarmaz, sadece daha önce olan üzerine bir ilerleme koyar. Daha *uygun olanı* üretir, fakat *en uygun* olanı üretmez. Seçilim tasarım görüntüsü vermekle beraber, bu tasarım sıklıkla kusurlu olabilir. İroni olarak Bölüm 3'de göreceğimiz gibi, evrim için önemli kanıtları bu kusurlarda bulmaktayız.

Bu bizi evrim kuramının altıncı ve son ilkesine getirmektedir. *Doğal seçilimden başka süreçler de evrimsel değişime neden olabilirler.* En önemlileri, farklı ailelerin farklı sayıda çocuğa sahip olmaları gerçeğinin neden olduğu, gen oranlarındaki basit rastgele değişimdir. Bu, uyum ile hiçbir ilgisi olmayan ve rastgele olan evrimsel değişimlere yol açmaktadır. Fakat önemli değişimler üzerinde bu sürecin etkisi muhtemelen küçüktür. Çünkü doğal seçilimin sahip olduğu biçimlendirmek gücüne sahip değildir. Doğal seçilim uyum üretebilen tek süreç olarak kalmaktadır. Bununla birlikte Bölüm 3'de göreceğimiz gibi, genetik sürüklenme küçük populasyonlarda bazı evrimsel roller oynayabilir ve muhtemelen DNA'nın bazı uyumsal olmayan özelliklerini açıklar.

Sonuç olarak bunlar evrimsel kuramın altı ilkesidir.[5] Bazı ilkeler yakından ilişkilidir. Örneğin türleşme gerçek ise, ortak atalık da gerçek olmak zorundadır. Fakat bazı ilkeler diğerlerinden bağımsızdır. Örneğin evrim

olabilir, fakat kademeli olmak zorunda değildir. Yirminci yüzyılın erken dönemlerinde bazı «mutasyonistler» bir türün tek bir canavar mutasyon yoluyla aniden esaslı şekilde farklı bir tür üretebileceğine inanıyorlardı. Ünlü zoolog Richard Goldschmidt, örneğin, bir keresinde bir kuş olarak tanımlanabilir ilk yaratığın, gerçek bir sürüngen tarafından yumurtlanmış bir yumurtadan çıkmış olabileceğini ileri sürmüştür. Böylesi iddialar sınanabilirler. Mutasyonistler yeni grupların fosil kayıtlarda geçiş formları bırakmaksızın aniden açığa çıkmış olduklarını varsayar. Fakat fosiller bize, evrimin çalıştığı yolun bu olmadığını söyler. Bununla beraber böylesi testler Darwinizmin farklı ilkelerinin bağımsız olarak sınanabildiğini gösterir.

Diğer yandan evrim gerçekliğini üreten her zaman doğal seçilim olmayabilir. Örneğin, bir zamanlar birçok biyolog, evrimin mistik ve ilahi güçler tarafından oluşturulduğuna inanıyorlardı. Organizmaların, belli bir yönde önceden belirlenmiş bir biçimde değişim sağlayan bir "içsel itki" taşıdıkları söylenirdi. Bu çeşit bir itkinin kullanışlılığına bakmaksızın, kılıç-dişli kaplanların büyük köpek dişinin, hayvan ağzını kapatamayıncaya ve tür açtıktan yok oluncaya kadar, adım adım büyüyecek şekilde evrimini yönettiği söylendi. Bu gün ilahi güçler için kanıtlar olmadığını biliyoruz. Kılıç-dişli kaplanlar gerçekte açlıktan ölmediler ve fakat diğer nedenlerle yok oluşlarından önce, milyonlarca yıl büyük köpek dişleriyle mutlu bir hayat sürdüler. Nihayet, evrimin farklı nedenlerinin olduğu gerçeği, biyologların neden evrimi, doğal seçilimi kabul etmelerinden onlarca yıl önce, kabul ettiklerinin de cevabıdır.

Evrimsel kuramın iddiaları konusunda çok şey söylenir. Fakat bu nakaratlardan önemli ve yaygın işitilen biri şudur. Evrim sadece bir *kuramdır*, değil mi? Başkan adayı Ronald Reagan 1980'de Teksas'ta evanjelik bir gruba konuşmasında evrimi bu yoldan nitelendirdi. "Evet, bu bir kuramdır. Sadece bilimsel bir kuramdır ve son yıllarda bilim dünyası içinde sorgulanmaktadır ve bilim dünyası tarafından bir zamanlar inanıldığı gibi hatasız olduğuna henüz inanılmamaktadır.»

Bu alıntıdaki anahtar kelime "sadece" kelimesidir. *Sadece* bir kuram. Burada kuram denildiğinde tam doğru olmayan, yani sırf spekülasyon ve çok muhtemelen yanlış bir şeyden söz ediliyor olması algısıdır. Gerçekten de, günlük konuşmalarda "kuram/teori" "benim teorim Fred'in Sue'yu deli gibi sevdiğidir" cümlesindeki "sanı" anlamındadır. Fakat bilimde "ku-

ram" kelimesi basit bir tahmin fikrinden çok daha fazla güven ve kesinliğe gönderme yapacak şekilde bütünüyle farklı bir anlamdadır. Oxford İngilizce Sözlüğe göre *bilimsel* bir kuram "genel yasalar, ilkeler, ya da bilinen veya gözlenebilen bir şeyin nedenini ortaya koyan bir açıklamadır." Öyle ise "yerçekimi kuramından" kütleleri olan bütün objelerin aralarındaki uzaklığın etkilediği katı ilişkilerine bağlı olarak, bir birilerini çektikleri önermesi olarak söz edebiliriz. Veya ışığın hız ve zaman-uzam eğimi hakkında özgün iddialarda bulunan "görelilik kuramından" konuşabiliriz.

Burada vurgulamak istediğim iki nokta var. Birincisi, bilimde, kuram şeylerin ne oldukları konusundaki sadece bir spekülasyondan çok daha fazlasıdır. Yani doğal dünya hakkında gerçekliği açıklamak anlamına gelen oldukça iyi düşünülmüş bir grup önermedir. "Atom kuramı" sadece "atomların var olduğu" konusunda bir açıklama değildir; atomların birbirleriyle nasıl etkileştiklerini, nasıl birleştiklerini ve kimyasal olarak nasıl davrandıklarını konusunda bir açıklamadır. Benzer biçimde, evrim kuramı sadece "evrimin gerçekleştiği" ifadesinden çok fazlasıdır. *Evrimin neden ve nasıl* olduğunu açıklayan, ayrıntılı olarak belgelemiş olan altı önemlisini tanımladığım bir ilkeler bütünüdür.

Bu, bizi ikinci noktaya getirmektedir. Bir kuramın bilimsel olduğunun kabul edilebilmesi için, *sınanabilmesi* ve *doğrulanabilir* öngörülerde *bulunması* gerekir. Bu nedenle, kuramı fiili dünyadan destekleyen ya da reddeden gözlemler yapabilmek zorundayız. Atom kuramı başlangıçta spekülatifti, fakat kimyadan atomların varlığını destekleyen veriler biriktikçe adım adım daha güvenilir hale geldi. Aslında atomları 1981'de tarama sondalı mikroskopların (hayal ettiğimiz gibi mikroskop altında küçük toplara benziyorlar) keşfedilmesine kadar *göremiyor* olmamıza rağmen, bilim insanları çok önceleri atomların gerçekliği konusunda ikna olmuşlardı. Benzer biçimde, iyi bir kuram doğaya daha yakından baktığımızda, ne bulmamız gerektiği konusunda öngörüde bulunur. Eğer bu öngörüler doğrulanırsa, bize kuramın doğruluğu konusunda daha fazla güven verir. 1916'da önerilen Einstein'ın genel görelilik kuramı ışığın büyük bir gökcisminin yanından geçtiğinde büküleceğini öngördü (teknik olarak konuşursak, böylesi bir büyük cismin çekimi yakınındaki protonların yolunu bozarak uzam-zamanı bozar). Gerçekte Arthur Eddington bu öngörüyü, bir güneş tutulması sırasında, uzak yıldızlardan gelen ışığın güneşin yayın-

dan geçerken büküldüğünü, yıldızların görünen pozisyonlarının değiştirdiğini göstererek 1919 yılında doğruladı. İşte bu öngörü doğrulandığında, Einstein'ın kuramı geniş ölçüde kabul edilmeye başlandı.

Bir kuramın "gerçek" kabul edilmesi, iddia ve öngörüleri tekrar tekrar sınandığında ve devamlı olarak doğrulandığında mümkün olduğundan, bilimsel bir kuramın aniden bilimsel bir gerçek haline geldiği hiç bir durum yoktur. Bir kuram lehinde çok sayıda kanıt biriktiğinde, ona karşı hiç bir kesin kanıt olmadığında ve neredeyse tüm mantıklı insanlar onu kabul edecekleri zaman bir gerçeklik (veya "hakikat") halini alır. Bu "gerçek", bir kuramın asla yanlışlanamayacağı anlamına gelmez. Bütün bilimsel gerçeklikler geçicidir, yeni kanıtların ışığında değişime açıktır. Bilim insanlarına, en sonunda doğa hakkında en son ve değişmez gerçekliğe ulaştıklarında haber veren bir uyarı zili yoktur. İlerde göreceğimiz gibi, binlerce gözlem Darwinizm'i desteklemesine rağmen, yeni bulguların yanlış olabileceğini göstermesi mümkündür. Ben bunun olasılık dışı olduğunu düşünüyorum, fakat aşırı partizanların aksine bilim insanları gerçek olarak kabul ettikleri bir şey hakkında bile kibirli olmayı göze alamazlar.

Hakikat veya gerçeklik haline dönüşme sürecinde, bilimsel kuramlar genellikle *alternatif* kuramlarla sınanırlar. Nihayetinde, verilen bir fenomen için genellikle birkaç açıklama vardır. Bilim insanları bir rakip açıklamayı diğerine karşı sınayan anahtar gözlemler yapmaya veya ikna edici deneyler sürdürmeye çalışırlar. Yıllar boyunca dünya kara parçalarının pozisyonlarının yaşam tarihi boyunca aynı olduğuna inanılıyordu. Fakat 1912'de Alman jeofizikçi Alfred Wegener kıtaların hareket ettiklerini öneren rakip bir "kıtaların kayması" kuramını ortaya attı. Başlangıçta, kuramı güney Amerika ve Afrika gibi kıtaların bir yapbozun parçaları gibi birbirleriyle uyumları oldukları gözleminden ilham almıştı. Kıtaların kayması fosiller biriktikçe ve paleontologlar eski türlerin yayılışının bir zamanlar kıtaların bağlantılı olduğunu önerdiğini bulmaları ile daha belirgin hale geldi. Daha sonra, "plaka tektoniği" tıpkı doğal seçilimin evrimsel bir mekanizma olarak önerilmesi gibi, kıtaların hareketi için bir mekanizma olarak önerildi. Dünya kabuğunun plakaları ve manto dünyanın içindeki daha akışkan materyal üzerinde yüzmekteydi. Plaka tektoniği de jeologlar tarafından kuşku ile karşılanmış olmasına rağmen, birçok cephede katı sınamalara

tabi tutulması sonrası elde edilen inandırıcı kanıtlar ile gerçekliği kabul edildi. Günümüzde küresel yer bildirme uydu teknolojileri sayesinde, artık kıtaların yılda 5 ile 10 cm bir hızla, yaklaşık tırnaklarınızın büyüme oranında, birbirlerinden ayrıldıklarını *görebilmekteyiz* (Bu aynı zamanda, kıtaların bir zamanlar bağlantılı olduğu şüphe götürmez kanıtlarıyla birleştirildiğinde, yaratılışçıların dünyanın yaşının 6 ile 10 bin yıl olduğu "genç dünya" iddiasına karşıt bir kanıttır. Eğer bu doğru olsaydı İspanya'nın batı sahiline durup New York şehrinin ufuklarını görebilmemiz gerekirdi, çünkü henüz Avrupa ve Amerika sadece bir mil kadar ayrılmış olacaktı!).

Darwin *Türlerin Kökeni*'ni yazdığı zaman çoğu Batılı bilim insanı ve neredeyse diğer herkes yaratılışçıydı. Genesis (yaratılış)'da yazılı olan hikâyenin her detayını kabul etmemekle beraber, çoğunluk yaşamın hemen hemen şimdiki biçiminde yaratıldığına, sınırsız bir gücü olan bir yaratıcı tarafından tasarlandığına ve başlangıçtan bu yana değişmediğine inanıyordu. *Türlerin Kökeni*'nde Darwin gelişim, çeşitlenme ve yaşamın tasarımı için alternatif hipotezler sundu. Kitabın sunduğu kanıtların çoğu sadece evrimi desteklemiyor fakat aynı zamanda yaratılışçılığı yalanlıyordu. Darwin zamanında, kuramı için kanıtlar zorlayıcı fakat bütünüyle kesin değildi. Öyleyse Darwin ilk önerdiğinde evrimin bir kuram olduğunu (fakat oldukça iyi desteklenen bir kuram) ve 1859'dan bu yana giderek artan ölçüde daha fazla destekleyici kanıt biriktikçe "gerçekliğe" terfi ettiğini söyleyebiliriz. Evrim halen, tıpkı yerçekimi kuramı gibi, "kuram" olarak adlandırılmaktadır; fakat aynı zamanda gerçek olan bir kuramdır.

Peki, öyleyse evrimsel kuramı halen popüler bir alternatif görüş olan yaşamın yaratıldığı ve bundan sonra değişmeden kaldığı görüşüne karşı nasıl sınarız? Aslında iki çeşit kanıt vardır. Birincisi *sınabilir* öngörülerde bulunmak için Darwin'in altı ilkesini kullanmaktan gelir. Öngörüden kastım, Darwinizm'in canlıların gelecekte nasıl evrimleştiğini tahmin ettiği değildir. Daha çok, yaşayan veya eski türleri çalıştığımız zaman ne bulmamız gerektiği tahmininde bulunur. İşte bazı evrimsel öngörüler:

- Eski yaşamın fosil kalıntıları olduğuna göre fosil kayıtlarda evrimsel değişim için bazı kanıtlar bulabiliriz. Kayaçların en derin (ve en yaşlı) tabakaları daha ilkel türlerin fosillerini içerir ve bazı fosiller

kayaç tabakları gençleştikçe daha karmaşık hale gelirler; günümüz türlerine benzeyen organizmalar ise en yeni tabakalarda bulunurlar. Böylece, bazı türlerin zaman içinde değişerek "değişim yoluyla türeme" (uyum) gösteren soy hatları oluşturmalarını görebilmeliyiz.

- Bir soy hattının iki ya da daha fazlaya ayrıldığı bazı türleşme olaylarını fosil kayıtlarında bulabilmeliyiz. Yeni türlerin doğada oluştuklarını görebilmeliyiz.
- Kuşlar ile sürüngenler, balıklar ile çiftyaşamlılar gibi ortak ataya sahip oldukları varsayılan büyük grupları birbirine bağlayan türlerin örneklerini bulabilmeliyiz. Daha da fazlası, bu "kayıp halkalar" (daha uygun bir deyim ile "geçiş formları") bu grupların ayrıldıkları farz edilen zamandaki kayaç tabaklarından ortaya çıkmalıdırlar.
- Türlerin birçok özellik için genetik varyasyon göstermelerini beklemeliyiz (diğer türlü evrimin olması için hiçbir olanak yoktur).
- Bilinçli tasarım değil, kusurlu oluş evrimin işaretidir. Öyle ise biz bu durumda evrimin bir yaratıcının ulaşabileceği en uygun dereceye kadar ulaşmamış, mükemmel olmayan uyum örnekleri bulabiliriz.
- Doğada doğal seçilimin işbaşında olduğunu gözleyebilmeliyiz.

Bu öngörülere ek olarak, Darwinizm benim *geriye*-öngörü dediğimle de desteklenmektedir. Bu, evrim kuramının öngörüde bulunmasının mutlaka gerekli olmadığı veri ve olguların, ancak *evrim kuramının ışığı altında anlam kazanması* durumudur. Geriye-öngörü bilim yapmak için geçerli bir yoldur. Örneğin plaka tektoniğini destekleyen bazı kanıtlar, bilim insanlarının deniz tabanındaki kayaç motiflerinden dünyanın manyetik alanın yönündeki eski değişimleri okumayı öğrenmelerinden sonra geldi. Evrimi destekleyen bazı geriye-öngörüler (ayrı yaratılmaya zıt olarak) dünya yüzeyinde türlerin yayılış örüntüsünü, organizmaların embriyolardan nasıl özgün olarak geliştikleri ve belirgin bir kullanımı olmayan körelmiş özelliklerin bulunuşunu kapsar. Bunlar Bölüm 3 ve 4'ün konularıdır.

Evrimsel kuram, şu halde, cüretkâr ve açık öngörülerde bulunur. Darwin *Türlerin Kökeni*'ni yayınlamadan önce kuramı için kanıt topla-

maya 20 yıl kadar zaman harcadı. Bu 150 yıldan daha önceydi. Öyle ise o zamandan bu yana çok daha fazla bilgi biriktirildi! Çok daha fazla fosil bulundu; çok daha fazla tür toplandı ve dünya üzerindeki yayılışları haritalandı; farklı türlerin evrimsel akrabalık ilişkilerini aydınlatan birçok çalışma yapıldı. Darwin tarafından hayal bile edilemeyecek, organizmaların nasıl akraba olduklarını ortaya koyan moleküler biyoloji ve sistematiği kapsayan bilimin bütünüyle yeni dalları doğdu.

Göreceğimiz gibi gerek eski ve gerekse de yeni bütün kanıtlar, evrimin tartışmasız gerçek olduğu sonucunu desteklemektedir.

Bölüm 2

Kayaçlarda Yazılıdır

Yerkabuğu büyük bir müzedir; fakat bu doğal bir koleksiyon sadece birbirinden oldukça uzak zaman aralıklarında oluşmuştur.

–*Charles Darwin*, Türlerin Kökeni Üzerine

Dünya üzerindeki yaşamın öyküsü kayaçlarda yazılırdır. Doğru, bu tarih kitabı lime lime olmuş ve sayfa kalıntıları etrafa saçılmıştır; fakat oradadırlar ve önemli bir kısmı halen okunabilir haldedir. Paleontologlar evrim için bu maddi kanıtları–fosil kayıtlar–bir araya getirebilmek için yorulmaksızın çalışmaktadırlar.

Doğal tarih müzelerimizi süsleyen büyük dinozor iskeletleri gibi nefes kesen fosilleri hayranlık ile seyrettiğimiz zaman, bunları keşfetmek, çıkarmak, hazırlamak ve tanımlamak için ne kadar çok emek harcandığını unutmamız kolaydır. Genellikle dünyanın uzak ve yaşanması zor köşelerine zaman alan, maliyetli ve riskli bilimsel geziler gerektirirler. Örneğin benim Chicago Üniversitesi'nden meslektaşım Paul Sereno, Afrika dinozorlarını çalışmaktadır ve en ilginç fosillerin birçoğu Sahra Çölü'nün ortasında gömülüdür. Kendisi ve çalışma arkadaşları, dinozor evriminin hikâyesini yeniden yazmaya yardımcı örnekler olan *Afrovenator abakensis* ve *Jobaria tiguidensis* gibi çarpıcı yeni türleri keşfetmek için politik çalkantıları, isyancıları, hastalıkları ve şüphesiz çölün kendi acımasızlığını korkusuzca göze aldılar.

Böyle keşifler bilime gerçek adanmışlık, yıllarca dikkatli çalışma, ısrar ve cesaret, ayrıca belli ölçüde şans gerektirir. Ancak birçok paleontolog böylesi bulgular için hayatını riske atabilir. Biyologlar için fosiller altın tozu kadar kıymetlidir. Onlarsız evrimin sadece bir karalama taslağına sahip olabilirler. Bu durumda yapabileceğimiz tek şey sadece yaşayan türleri çalışmak ve evrimsel akrabalık ilişkisini form, gelişim ve DNA dizi benzerliklerinden çıkarsamaya çalışmak olacaktır. Örneğin, memelilerin çiftyaşamlılara göre sürüngenlerle daha yakın akraba olduklarını bilecektik. Ancak ortak atalarının neye benziyor olduğunu bilmeyecektik. Bazıları büyük yük kamyonu kadar büyük olan dev dinozorlardan veya küçük beyinli fakat dik yürüyen erken australopithecine atalarımızın izlerinden haberimiz olmayacaktı. Evrim hakkında bilmek isteğimiz çoğu şey bir sır olarak kalacaktı. Neyse ki, fizik, jeoloji ve biyokimyadaki ilerlemeler yanında dünya üzerindeki bilim insanların ısrar ve cesaretleri geçmişin bu nadide parçalarını ortaya çıkardı.

Kayıt Tutmak

FOSİLLER ANTİK DÖNEMLERDEN bu yana bilinmektedirler: Aristo fosilleri tartıştı ve gagalı dinozor *Protoceratops* fosilleri eski Yunan'ın mitolojik grifonunu doğurmuş olabilir. Fakat fosillerin gerçek anlamı çok sonralara kadar anlaşılmamıştır. 19. yüzyılda bile açıkça doğaüstü güçlerin ürünleri, Nuh tufanında gömülmüş organizmalar veya dünyanın uzak ve bilinmeyen kısımlarında halen yaşayan türlerin kalıntıları olarak açıklanıyorlardı.

Fakat bu taşlaşmış kalıntılar içinde yaşam tarihi yatmaktadır. Bu tarihi nasıl çözebiliriz? Birinci olarak şüphesiz fosillere (birçoğuna) ihtiyacınız var. Daha sonra bunları yaşlıdan gence düzgün bir sıraya koymalısınız. En sonunda tam olarak ne zaman oluştuklarını anlamak zorundasınız. Bu gerekliliklerin her biri kendi zorlu süreçlerini barındırırlar.

Fosillerin oluşumunu anlamak kolaydır, ancak oldukça özgün oluşma koşulları gerektirir. İlk olarak, hayvan veya bitki kalıntısı suya ulaşacak bir yol bulmalı, tabana çökmeli ve çürümeden veya leşçiller tarafından parçalanmadan üstleri çökeller tarafından çabucak örtülmelidir. Ölü bitkiler veya karada yaşayan canlılar kendilerini sadece nadir olarak, bir gölün ya da okyanusun tabanında bulurlar. Sahip olduğumuz fosillerin çoğunun,

okyanuslarda veya okyanus tabanında yaşayan ve öldüklerinde doğal olarak deniz tabanına çöken denizel organizmalara ait olmasının nedeni de budur.

Bir kez güvenli biçimde çökellere gömüldüklerinde, fosillerin sert kısımlarına çözülmüş mineral nüfuz eder veya girer. Geriye kalan yaşayan canlının üzerine yığılan çökellerin basıncı altında kaya içine sıkışan canlının bir mülajıdır. Bitki ve hayvanların yumuşak kısımları kolayca fosilleşmediğinden bu durum eski türler hakkında ne bilebildiğimiz konusunda doğrudan ciddi bir önyargı yaratır. Böcek ve kabukluların sert dış iskeletleri, deniz kabukları gibi kemik ve dişlerde boldurlar. Fakat sucullarla karşılaştırıldıklarında tüm karasal türler gibi kurtçuklar, denizanaları, bakteriler ve kuşlar gibi kırılgan yaratıklar daha nadirdirler. Yaşam tarihinin ilk % 80'lik kısmından fazlasında, bütün türler yumuşak vücutluydu; bu nedenle evrimin en erken ve en ilginç gelişimlere açılan sadece sisli bir pencereye sahibiz ve yaşamın kökenine açılan bir pencereye sahip değiliz.

Bir kez bir fosil oluştuğunda, birçok fosili bütünüyle yok eden süreçler olan, bitmeyen kaymalar, bükülmeler, ısınmalar ve yerkabuğuna çarpmalar yaşamak zorundadır. Sonrada keşfedilmek zorundadır. Birçoğu yeryüzünün derin tabakaları altında gömülü olduklarından bizim için erişilmez durumdadırlar. Sadece çökeller yükselince ve yağmur veya rüzgârın aşınımına maruz kaldıklarında paleontologların çekiçleri ile vurulabilirler. Bu yarı ortaya çıkmış fosillerin kendilerinin rüzgâr, su ve hava tarafından silinmemesi için çok kısa bir zaman dilimi vardır.

Tüm bu gereklilikler dikkate alındığında, fosil kayıtların tam olmamak *zorunda olduğu* açıktır. Ne kadar eksik? Dünya üzerinde şimdiye kadar yaşamış türlerin toplam sayısının 17 milyon (bugün en az 10 milyon türün yaşadığı düşünüldüğünde gerçeğin oldukça altında bir tahmin) ile 4 milyar arasında olduğu tahmin edilmektedir. Yaklaşık 250 bin fosil türü keşfettiğimize göre tüm türlerin sadece % 0,1 ile 1'lik bir kısmının fosil kanıtlarına sahip olduğumuz anlamına gelir. Yaşam tarihinin hiçte iyi bir örneklemi değil! Bizim için sonsuza kadar kayıp olan birçok şaşırtıcı yaratık yaşamış olmalıdır. Yine de, bize evrimin nasıl ilerlediği konusunda iyi bir fikir verecek ve büyük grupların birbirlerinden nasıl ayrıldıklarını fark ettirecek ölçüde yeterli fosile sahibiz.

İroni olarak, başlangıçta fosil kayıtlar evrimciler tarafından değil Genesis kitabında verilen bilgileri kabul eden ve yaratılışçı da olan jeologlar tarafın-

dan düzene sokulmuştur. Bu erken dönem jeologları ortak akla dayalı ilkeler kullanarak buldukları farklı kayaç tabakalarını (çoğunlukla endüstrileşen İngiltere'de eş zamanlı giden kanal kazılarından) sıraya soktular. Fosiller okyanus, ırmak veya göllerde alüvyon olarak başlayan çökelti kayaçlarda (veya daha seyrek biçimde kumul veya buzul çökellerinde) açığa çıktıklarında, daha derin tabakalar, ya da "strata", daha sığ olandan daha önce çökelmiş olmak zorundadır. Daha genç kayaçlar daha yaşlı olanın üstünde uzanır. Fakat tek bir yerde tüm tabakaları bulmak mümkün değildir. Bazen çökel oluşturacak su bulunmaz.

Kayaç tabakalarının tam bir sırasını ortaya koyabilmek için dünyanın farklı lokalitelerindeki tabakaları eşleştirmeniz gerekir. Eğer aynı tip fosilleri içeren aynı kayaç tipinin bir tabakası iki farklı yerde ortaya çıkarsa, her iki yerdeki tabakanın aynı yaşta olduklarını varsaymak mantıklıdır. Öyle ise, örneğin bir lokasyonda dört kayaç tabakası bulursanız (sığdan derine ABDE olarak etiketleyelim) ve daha sonra başka bir yerde bu aynı tabakaların sadece ikisini diğer bir tabaka ile serpiştirilmiş olarak, yani BCD bulursanız, bu kaydın gençten yaşlıya ABCDE sırası ile en az beş tabakadan oluştuğu çıkarsamasında bulunabilirsiniz. Bu *süperpozisyon ilkesi* ilk kez 17. yüzyılda Danimarkalı bilgin Nicolaus Steno tarafından icat edildi. Daha sonra başpiskopos olan bu kişi 1988'de Papa II. John Paul tarafından aziz ilan edildi. Bu olay şüphesiz önemli bir bilimsel katkı yapan birinin ileride aziz ilan edildiği ilk örnektir. Steno'nun ilkesini kullanarak, jeolojik kayıtlar 18. ve 19. yüzyılda, tüm zamanlar çok eski Kambriyen'den günümüze özenli bir şekilde düzenlendi. Buraya kadar, oldukça iyi! Fakat bu size kayaçların *gerçek* yaşlarını değil sadece göreli yaşlarını söyler.

Yaklaşık 1945'den bu yana radyoaktivite kullanarak, bazı kayaçların gerçek yaşlarını ölçebilmekteyiz. Belli radyoaktif elementler ("radyoizotoplar") dünya yüzeyinin altındaki erimiş kayaçlardan kristalize oldukları zaman magmatik kayaçların yapısına katılırlar. Radyoizotoplar gitgide, genellikle "yarı-ömür" olarak ifade edilen (izotopun yarısının yok olması için gerekli zaman) sabit bir hızda diğer bir elemente bozunurlar. Yarı ömrü, yani kayaç oluştuğunda radyoizotopun ne kadarının orada olduğunu (jeologların doğru biçimde belirleyebildikleri bir şeydir) ve şimdi ne kadar kaldığını bilirsek, kayacın yaşını hesaplamak nispeten kolaydır. Farklı izotoplar farklı hızlarda bozunurlar. Yaşlı kayaçlar çoğunlukla yaygın mineral zirkonda bulunan uranyum-238 (U-238) kullanarak tarihlendirilir.

U-238 yaklaşık 700 milyon yıllık bir yarı-ömre sahiptir. Karbon-14 5.730 yıl yarılanma ömrüyle çok daha genç kayaçlar ve Ölü Deniz Yazmaları gibi insan yapımı şeyler için kullanılır. Genellikle birkaç radyoizotop birlikte bulunur. Böylelikle tarihler karşılaştırmalı olarak kontrol edilebilir ve yaşlar devamlı aynı çıkmaktadır. Fakat fosil bulunduran kayaçlar magmatik değil, çökelti kayaçlardır ve doğrudan tarihlendirilemezler. Ancak, fosillerin yaşını radyoizotop içeren bitişik magmatik kayaç tabakaları içine girmiş olan çökelti kayaçların yaşlarından öğrenebiliriz.

Evrim karşıtları çoğunlukla radyoaktif bozunma hızının zaman içinde veya kayaçların tecrübe ettikleri fiziksel baskı nedeniyle değişmiş olabileceğini söyleyerek, bu tarihlerin güvenilirliğine saldırırlar. Bu itiraz sıklıkla dünyanın altı ila 10 bin yaşında olduğuna inanan "genç-dünya" yaradılışçıları tarafından ileri sürülür. Fakat bu yanlıştır. Bir kayaçtaki farklı izotoplar farklı yollardan bozunduklarına göre, eğer bozunma hızı değişmiyor olsaydı sabit hızlar vermeyeceklerdi. Üstelik izotopların yarı ömürleri bilim insanları tarafından laboratuvarda aşırı sıcaklık ve basınca maruz bırakıldıklarında değişmemektedir. Karbon-14 metodu ile yapıldığı gibi, radyometrik yaşların tarihsel kayıtlardaki yıllarla karşılaştırılabildiği durumlarda, bu ikisi sürekli olarak uyumlu çıkarlar. Bize dünya ve güneş sisteminin 4,6 milyar yaşında olduğunu söyleyen meteoritlerin radyometrik tarihlendirilmesidir. (Dünyanın en yaşlı kayaçları biraz daha gençtir. Kuzey Kanada'da örnekler 4,3 milyar yıl yaşındadır. Daha yaşlı kayaçlar dünya kabuğunun hareketleriyle tahrip edilmiştir).

Halen radyometrik yaşlandırmanın doğruluğunu kontrol eden başka yollar vardır. Bunlardan biri Cornell Üniversitesi'nden John Wells tarafından, fosil yerli mercan kayalıklarının ele alındığı, biyolojinin kullanımıdır. Radyoizotop tarihlendirme bu mercanların, yaklaşık 380 milyon yıl önce Devon periyodu boyunca yaşadıklarını göstermiştir. Ancak, Wells bu mercanların ne zaman yaşadıklarını çözümlemek için sadece onları yakından inceledi. Gel-git tarafından üretilen sürtünmenin zaman içinde giderek dünyanın dönme hareketini yavaşlattığı olgusunu kullandı. Her gün (dünyanın bir döngüsü) bir öncekinden çok küçük miktarda daha uzundur. Bizim fark edemeyeceğimiz, tam olarak söylemek gerekirse her 100 bin yılda bir gün uzunluğu 2 saniye kadar artmaktadır. Bir yılın süresi (dünyanın güneşin etrafında dönmesi için geçen süre) zaman içinde değişmediğine göre, bu yıla göre gün sayısının zaman içerisinde azaldığı anlamına gelir. Bilinen yavaşlama hızından Wells mercanlarının yaşadıkla-

rı zamanda, eğer radyometrik yaşlandırma doğru ise 380 milyon yıl önce, her yıllın yaklaşık 396 gün ve her günün 22 saat uzunluğunda olduğunu hesapladı. Eğer fosillerin kendilerinin yaşadıkları zamanda her günün ne kadar uzun olduğunu söyleyebilecekleri yol olsa idi, bu uzunluğun radyometrik yaşlandırmada öngörülen 22 saat ile uyuşup uyuşmadığını kontrol edebilirdik. Evet, mercanlar bunu yapabilirler. Mercanlar büyüdükçe her yılda kaç günü deneyimlediklerini vücutlarında kaydederler. Canlı mercanlar günlük ve yıllık büyüme halkalarının her ikisini de üretirler. Fosil örneklerde, her bir yıllık halkayı kaç tane günlük halkanın ayırdığını görebiliriz. Yani mercanlar yaşarken her bir yılın kaç gün içerdiğini saptayabiliriz. Gelgit yavaşlaması hızını bilerek, "gelgit" yaş ile "radyometrik" yaşı karşılaştırmalı olarak kontrol edebiliriz. Devon mercanlarındaki halkaları sayarak Wells yılda yaklaşık 400 gün bulunduğunu, bir günün ise 21,9 saat sürdüğünü buldu. Bu öngörülen 22 saatlik günden oldukça küçük bir sapmadır. Bu akıllıca jeolojik ölçümleme, radyometrik yaşlandırmanın doğruluğu konusunda bize fazladan güven vermektedir.

Olgular

Neler fosil kayıtlarda evrim için kanıtlar oluşturabilir? Birkaç tipi vardır. İlki, büyük evrimsel resimdir. Kayaç tabakalarının tüm dizilimi boyunca yapılacak bir tarama, erken dönem yaşamın oldukça basit olduğunu ve daha karmaşık türlerin ancak bir süre sonra görüldüklerini göstermelidir. Ayrıca bulduğumuz en genç fosillerin günümüz türlerine çok daha benzer olanlar olması gerekir.

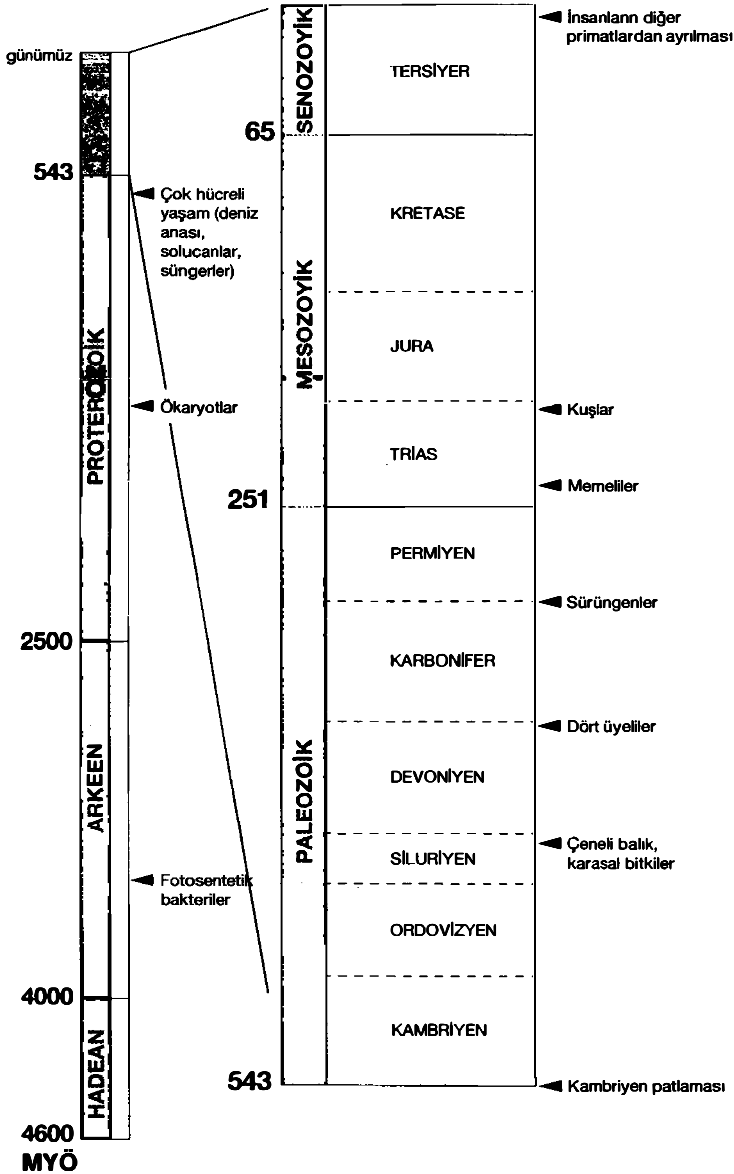
Bunun yanında, soy hatları içinde de, evrimsel değişim örneklerini, yani bir bitki veya bir hayvan türünün zaman içinde farklı bir şeye değişmesini görebilmeliyiz. Sonraki türler, öncekilerin altsoylarına benzeyen özelliklerine sahip olmalıdırlar. Yaşam tarihi türlerin ortak atalardan ayrılma yoluyla oluşmasını kapsadığına göre, bu ayrılmaları ve bu ataların kanıtlarını fosil kayıtlarda bulabilmeliyiz. Örneğin, 19. yüzyıl anatomistleri, vücut benzerliklerinden memelilerin eski sürüngenlerden evrimleştiğini öngördüler. Öyle ise, giderek daha fazla memeli-benzeri olan sürüngen fosilleri bulabilmemiz gerekir. Şüphesiz, fosil kayıtlar tam olmadığından yaşamın önemli formları arasındaki *her bir* geçişi belgelemeyi beklemeyebiliriz. Fakat en azından bazılarını bulabilmeliyiz.

Darwin *Türlerin Kökeni*'ni yazarken, yetersiz fosil kayıtlarından şikâyetçiydi. O zamanlar önemli formlar arasında evrimsel değişimleri belgeleyebilecek olan fosillerin geçiş serilerinden veya "kayıp halkalardan" yoksunduk. Balinalar gibi bazı gruplar, ataları bilmeksizin fosil kayıtlarda birden bire görünüyordu. Fakat Darwin yine de evrim için bazı fosil kanıtlara sahipti. Bu eski hayvan ve bitkilerin yaşayan türlerden çok farklı oldukları, daha yakın zamanda oluşmuş kayaçlara doğru geldikçe giderek daha çok modern türlere benzedikleri gözlemini kapsamaktadır. Ayrıca, tedricen ve devamlı bir ayrılma sürecine işaret edecek şekilde ardışık tabakalardaki fosillerin, birbirlerine daha aralıklı tabakalarda bulunanlara göre daha benzer olduklarını da not etti. Daha da fazlası, verilen herhangi bir yerde, en yakın zamanda oluşmuş kayaçlarda bulunan fosiller, dünyanın başka bir parçasında yaşayan türlerden çok, o alanda yaşayan modern türlere benzeme eğilimindeydi. Örneğin, keseli memeli fosilleri bol miktarda sadece çoğu modern keseli memelinin yaşadığı Avustralya'da bulunmuştur. Bu modern türlerin fosil formlardan türediğini önermektedir (Bu fosil keseli memeliler düz yüzlü, büyük pençeli, her ayağında tek parmak taşıyan yaklaşık 3,5 metre boyunda dev kanguruyu da içeren, tüm zamanlarda yaşamış en tuhaf memelilerden bazılarını kapsar).

Darwin'in döneminde, bir tür içerisinde kademeli değişimi veya ortak ataların açık kanıtlarını göstermek için yeterli fosilin bulunmuyordu. Fakat Darwin'den bu yana paleontologlar, yukarıdaki öngörüleri doğrulayacak kadar bol sayıda fosil buldular. Günümüzde bir hayvan soy hattı içerisinde devamlı değişimleri gösterebilmekteyiz. Ortak atalar ve geçiş formları için çok sayıda kanıtımız var (örneğin, balinaların kayıp ataları ortaya çıktı). Karmaşık yaşamın tam başlangıcını görecek kadar derinlere ulaşabiliyoruz.

Büyük Örüntüler

Şimdi tüm tabakaları sıraya koyduğumuza ve yaşlarını hesapladığımıza göre, fosil kayıtları aşağıdan yukarıya okuyabiliriz. Şekil 3 ilk organizmanın açığa çıktığı 3,5 milyar yıldan bu yana ortaya çıkmış olan büyük biyolojik ve jeolojik olayları betimleyen, basitleştirilmiş bir yaşam tarihi zaman çizelgesini göstermektedir.[6] Bu kayıt basit ile başlayan ve daha karmaşığa doğru ilerleyen değişimin muğlak olmayan bir resmini vermektedir. Şekil sürüngen ve memeliler gibi grupların "ilk ortaya çıkışlarını" göstermekle beraber, bu modern formların fosil kayıtlarda hiçbir yerde bulunmaksızın aniden ortaya



ŞEKİL 3. Fosil kayıtlar dünyanın oluştuğu 4,6 milyar yıl önce (MYÖ)'den bu yana ortaya çıkan çeşitli yaşam formlarının ilk görülmelerini göstermektedir. Çok hücreli yaşamın, yaşam tarihinin sadece son % 15'lik kısmında çeşitlendiğine dikkat ediniz. Gruplar sahaneye, çoğu atalarından bilinen geçiş fosillerinin ortaya çıkışından sonra, sıralı bir evrimsel düzende çıkarlar.

çıktıkları anlamında alınmamalıdır. Bunun yerine, çoğu grupta daha erken formlardan kademeli evrimi görmekteyiz (örneğin kuşlar ve memeliler sürüngen atalarından milyonlarca yıl süresince evrimleştiler). Büyük gruplar arasında bu kademeli geçişin bulunuşu (bunu aşağıda tartışıyorum) "ilk ortaya çıkışa" bir tarih verilmesinin bir biçimde keyfi hale geldiği anlamına gelir.

Basit fotosentetik bakteriler olan ilk organizmalar çökellerde yaklaşık 3,5 milyar yıl önce, yani gezegenin oluşumundan yaklaşık 1 milyar yıl sonra görülürler. Bu basit hücreler sonraki 2 milyar yıl boyunca ilk basit "eukaryotlar", yani çekirdek ve kromozomlara sahip olan gerçek hücreli organizmalar görülünceye kadar dünyayı işgal eden tek varlıklardı. Daha sonra, yaklaşık 600 milyon yıl önce solucanlar, denizanaları ve süngenleri de kapsayan çok çeşitli, göreli olarak basit fakat çok hücreli organizma grupları ortaya çıktı. Bu gruplar karasal bitkilerin ve dört üyelilerin (dört ayaklı hayvanlar, en eskileri lob-yüzgeçli balıklar) yaklaşık 400 milyon yıl önce görülmeleri ile sonraki birkaç milyon yıl boyunca çeşitlendiler. Eski gruplar şüphesiz çoğunlukla süre geldiler. Fotosentetik bakteriler, süngerler ve solucanlar eski fosil kayıtlarda görülürler ve bu gün halen bizimledirler.

Bundan yaklaşık 50 milyon yıl sonra ilk gerçek çiftyaşamlıları görüyoruz ve bir 50 milyon sonra ise sürüngenler açığa çıkmaktadır. İlk memelilere yaklaşık 250 milyon yıl önce rastlanmakta (tahmin edildiği gibi bir sürüngen atadan köken alırlar) ve aynı şekilde sürüngenlerden köken alan kuşlar ise 50 milyon yıl sonra görülmeye başlarlar. İlk memelilerin açığa çıkışlarından sonra, böcekler ve kara bitkileri ile birlikte, oldukça çeşitlenmişlerdir ve daha üst kayaç tabakalarına doğru geldikçe fosiller giderek artan ölçüde yaşayan türlere benzemektedir. İnsanlar sahnenin yeni gelenleridir. Bizim soy hattımız diğer primatlardan çok kısa bir evrimsel zaman olan, sadece 7 milyon yıl önce ayrılmışlardır. Bu noktayı açıklamak için çeşitli yaratıcı analojiler kullanılmıştır ve burada bunu yeniden yapmak yararlı olacaktır. Eğer tüm evrim tarihi tek bir yıla sığdırılacak olsaydı, en ilk bakteri Mart'ın sonunda açığa çıkacak, fakat insanın ilk atasını 31 Aralık akşamı saat 6'ya kadar göremeyecektik. Eski Yunanın altın çağı, yani M.Ö. 500 civarı, gece yarısından sadece 30 saniye önce açığa çıkacaktı.

Kolayca fosilleşen sert kısımlardan yoksun oldukları için bitkilerin fosil kayıtları daha nadir olmakla beraber benzer bir evrimsel örüntü gösterirler. En eskileri kara yosunları ve algler, bunları izleyen eğreltiler, daha sonra kozalaklı bitkiler, bunlardan sonra yaprak döken ağaçlar ve en sonunda çiçekli bitkiler görülür.

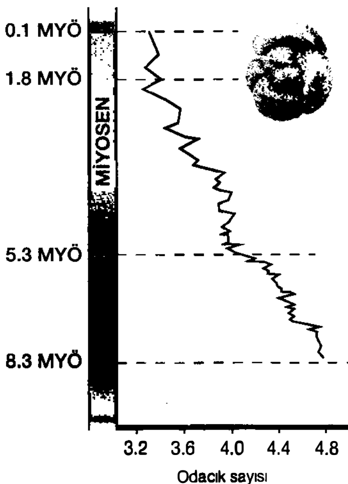
Öyle ise fosillerde görüldüğü gibi, türlerin zaman içinde ortaya çıkışlarının rastgele olmakla hiçbir ilgisi yoktur. Basit organizmalar karmaşık olanlardan, öngörülen atalar altsoylarından önce evrimleşmişlerdir. En genç fosiller yaşayan türlere en benzer olanlardır. Birçok büyük grubu birbirleriyle ilişkilendiren geçiş fosillerine sahibiz. Ayrı yaratılışın hiçbir hipotezi veya evrim dışında *hiçbir* kuram, bu örüntüyü açıklayamaz.

Fosilleşmiş Evrim ve Türleşme

Tek bir soy hattı içindeki kademeli evrimsel değişimleri görmek için, kademeli olarak ve hızlıca birikmiş tabakalardan hiç birinin kayıp olmadığı (ortada bir tabakanın kaybı yumuşak evrimsel geçişlerin ani "sıçramalar" gibi görünmesine neden olur) iyi bir ardışık çökelti serisine (yani her zaman diliminden değişimleri kolay şekilde gösterecek şekilde, kalın bir kayaç tabakası tarafından temsil edilen) ihtiyacımız vardır.

Planktonlar gibi oldukça küçük denizel organizmalar bunun için idealdirler. Milyarlarca olabilirler, birçoğu sert kısımlara sahiptir ve tabakaların devamlı bir dizisini biriktirecek şekilde, öldükten sonra uygun bir biçimde doğrudan deniz tabanına çökerler. Tabakaları bu diziliminde örneklemek kolaydır: Uzun bir boruyu deniz tabanına saplayabilir, sütundaki dolgu örneğini (karot) çekebilir ve alttan yukarıya okuyabiliriz (tarihlendirebiliriz).

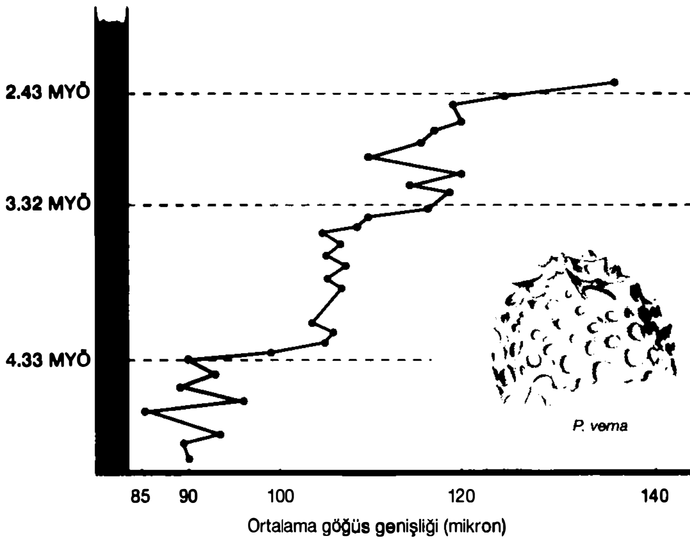
Tek bir fosil türü bu örnek boyunca izleyerek, sıklıkla evrimleştiğini gözlemleyebiliriz. Şekil 4 büyüdükçe daha fazla odacık oluşturacak şekilde sarmal bir kabuk yapan, tek hücreli küçük bir denizel protozoonun evrimini göstermektedir. Bu örnekler yaklaşık sekiz milyon yıllık bir evrimi tem-



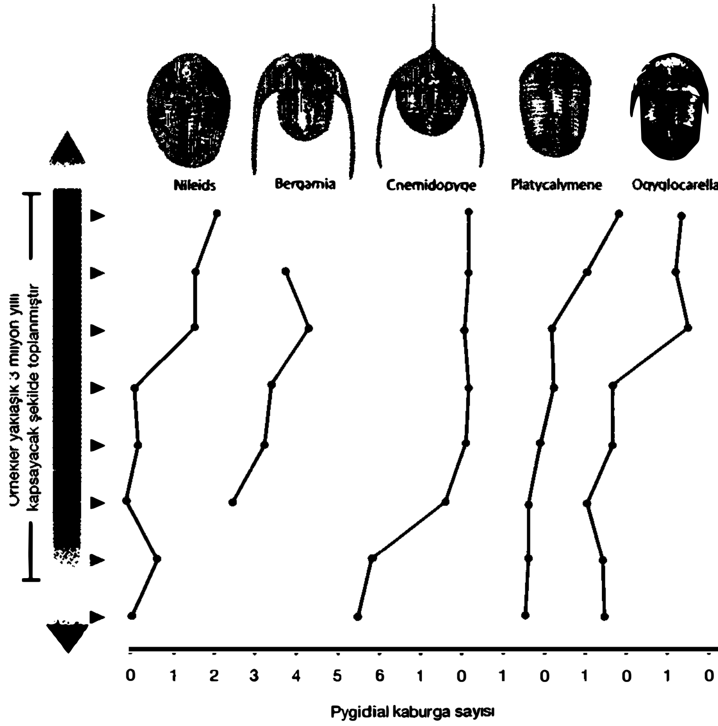
ŞEKİL 4. Denizel foraminifer *Globorotalia conoidea*'da sekiz milyon yıllık bir süre boyunca evrimsel değişimleri gösteren fosil kayıtlar (deniz tabanı çökellerinde korunmuş). Ölçek, örneğin her kesitinden sayılan tüm bireylerin ortalaması olarak, kabuğun son sarmalındaki odacık sayısını vermektedir.

sil eden, Yeni Zelanda yakınında okyanus tabanından alınmış 200 metre uzunluğundaki bir karotun bölümlerinden gelmektedir. Bu şekil, zaman içinde, kabuğun son sarmalındaki odacık sayısında meydana gelen değişimi göstermektedir. Burada zaman içinde görece yumuşak ve kademeli bir değişim görmekteyiz. Bireyler dizilimin başında ortalama 4,8 odacığa sahipken, serinin sonunda 3,3 odacığa sahip olup, yaklaşık % 30 oranında bir azalma vardır.

Evrim kademeli olmakla beraber, her zaman yumuşak veya sabit hızda olmak zorunda değildir. Şekil 5 bir diğer denizel organizma olan radyolaryadan (Işınlılar) *Pseudoculmus vema*'da daha düzensiz bir örüntüyü göstermektedir. Bu çalışmada jeologlar Antarktika yakınlarında, çökellerin yaklaşık iki milyon yıllık bir zaman dilimini temsil ettiği, 18 metre uzunluğundaki karotlardan çıkarılan düzenli yerleşmiş örnekler aldılar. Ölçülen özellik hayvanın silindirik tabanının ("göğsünün") eniydi. Büyüklük zaman içinde neredeyse % 50 artmakla beraber, bu eğilim düzenli değildi. Büyüklüğün değişmediği dönemler olduğu gibi, arada değişimin çok hızlı olduğu dönemlerde vardı. Bu örüntü fosillerde oldukça yaygındır ve gözlenen değişimler iklim veya tuzluluktaki dalgalanmalar gibi çevresel faktörlere bağlıysa tamamen anlaşılabilirdiler. Çevrenin kendisi öngörüle-



ŞEKİL 5. Işınlı *Pseudoculmus vema*'da iki milyon yıllık bir süre boyunca göğüs büyüklüğünün evrimsel değişimi. Değerler örneğin her kesitindeki populasyon ortalamalarıdır.



ŞEKİL 6. Ordovisyen trilobitlerinin beş grubunun "pygidial kaburga" (arka bölmede olan segmentler) sayısındaki evrimsel değişim. Sayılar şist örneğinin üç-milyon-yıllık döneminin, her kesitteki populasyon ortalamasını vermektedir. Beş türün hepsi (üç tanesi gösterilmemiştir) bu sürede kaburga sayısında net bir artış göstermiştir. Bu doğal seçilimin uzun dönem boyunca çalıştığını, ancak türlerin aynı yönde değişmediğini önermektedir.

mez ve düzensiz biçimde değişir, böylece doğal seçilimin gücü çoğalacak ve azalacaktır.

Daha karmaşık bir tür olan trilobitlerin evrimine bakalım. Trilobitler böcek ve örümcekler ile aynı grupta olan eklem bacaklılardır. Sert bir kabuk tarafından korundukları için eski kayaçlarda oldukça yaygınlardır (bir tanesini muhtemelen yakınınızdaki bir müzenin mağazasından alabilirsiniz). Peter Sheldon, Trinity College Dublin'de çalıştığı dönemde, Galler şistlerinden yaklaşık üç milyon yıllık bir dönemi temsil eden trilobitleri topladı. Bu kayaç içinden, sekiz farklı trilobit soy hattı buldu ve bunların her biri zamana bağlı olarak vücudun son bölmesindeki segmentler olan "pygidial kaburga" sayılarında evrimsel değişim göstermekteydi. Şekil 6, bu soyhatlarından birkaçındaki değişimleri göstermektedir. Örneklemenin tüm zamanı dikkate alındığında her tür, segment sayısında net bir

artış göstermekle birlikte, farklı türler arasındaki değişimler sadece ilişkisiz olmakla kalmayıp, bazen aynı dönem içinde zıt yönlere gitmektedir.

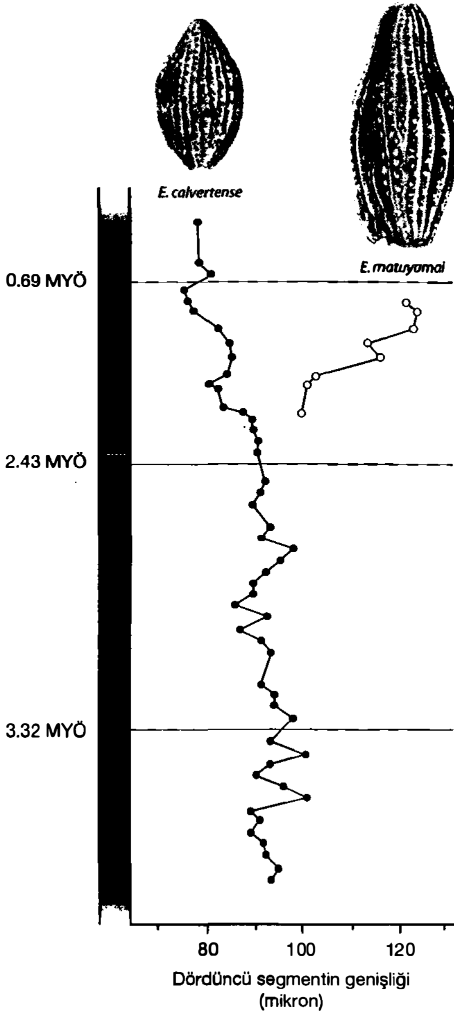
Maalesef, hangi seçilim baskılarının bu plankton ve trilobitlerde evrimsel değişimlere neden olduğu konusunda hiçbir fikre sahip değiliz. Fosil kayıtlardaki evrimi belgelemek, buna neyin neden olduğunu anlamaktan her zaman daha kolaydır. Çünkü fosiller korunur ama çevre yok olur. Söyleyebildiğimiz ise, evrimin var olduğu, kademeli olduğu ve hem hızı hem de yönünde değişkenlik gösterdiğidir.

Denizel planktonlar soy hatlarının ayrılmasına kanıtlar sunduğu gibi, bir soy hattı içindeki evrime de kanıtlar sunar. Şekil 7, atasal bir plankton türünün hem küçüklük hem de şekil bakımından ayırt edilebilen iki altsoya bölünmesini göstermektedir. İlginç bir biçimde, yeni tür *Eucyrtidium matuyamai* ilk önce bu karot örneğinin alındığı alanın kuzeyinden bir alanda evrimleşmiş ve daha sonra atasının bulunduğu yerleri işgal etmiştir. Bölüm 7'de göreceğimiz gibi, yeni bir türün oluşumu, genellikle populasyonlar birbirlerinden coğrafik olarak izole yalıtıldıklarında başlar.

Yumuşakçalar, kemirgenler ve primatlar gibi oldukça farklı türlerin fosillerinde hem kademeli hem de ani evrimsel değişim örneklerinin yüzlercesi bulunmaktadır. Ayrıca zaman içinde çok az değişim gösteren türlerin örnekleri de bulunmaktadır (evrimsel kuramın tüm türlerin evrimleşmek zorunda olduğunu söylemediğini hatırlayın!). Fakat bu örnekleri listelemek benim vurgulamak istediğim noktayı değiştirmeyecektir. Fosil kayıtlar tüm türlerin aniden açığa çıktıkları ve değişmedikleri yaradılışçı öngörüleri için hiçbir kanıt sunmamaktadır. Aksine, yaşam evrimsel bir sıra izler, evrimleşir ve ayrılır.

"Kayıp Halkalar"

Denizel türlerdeki değişimler evrim için kanıtlar sunabilir fakat bu fosil kayıtların öğrettiği tek ders değildir. Biyologlar ve paleontologların da aralarında bulunduğu, insanları gerçekten heyecanlandıran *geçiş formlarıdır*. Böylesi fosiller yaşayan organizmaların iki oldukça farklı çeşidi arasındaki yerde bulunur. Gerçekten kuşlar sürüngenlerden, karasal hayvanlar balıklardan, balinalar karasal hayvanlardan mı gelmektedir? Eğer böyle ise, fosil kanıtlar nerededir? Bazı yaradılışçılar bile zaman içindeki büyüklük



ŞEKİL 7. Plankton ışınlılardan *Eucrytidium* cinsinin iki türüde türleşme ve evrim. Çökelti örneği 3,5 milyon yılın üzerinde bir dönemi temsil etmektedir. Noktalar, örneğin her kesitinde her türün ortamasını gösteren şekilde, dördüncü segmentin genişliğini temsil etmektedir. Bu örneğin alındığı alanın kuzeyinde *E. calvertense*'in atasal bir populasyonu giderek daha büyük boyutlu hale gelir ve ayrı bir tür olarak *E. matuyamai* adını alır. *E. matuyamai* daha sonra akrabasının bulunduğu alana tekrar yayıldı (grafikte gösterildiği gibi bugün heriki tür aynı alanda yaşarlar) ve vücut büyüklüğünde farklışamaya başladı. Bu farklışama iki tür arasında besin rekabetini azaltmak için işleyen doğal seçilimin bir sonucu olabilir.

ve şekilde bazı küçük değişimlerin, yani mikroevrim olarak adlandırılan bir sürecin olabileceğini kabul edeceklerdir. Fakat *oldukça farklı* bir çeşit hayvan veya bitkinin bir diğerinden köken alabileceği düşüncesini (*makroevrim*) reddederler. Akıllı tasarımın savunucuları bu çeşit farklılıkların bir yaratıcının doğrudan rolünü gerektirdiğini ileri sürerler. Darwin *Türlerin Kökeni*'nde hiçbir geçiş formuna işaret edememiş olmakla birlikte, kuramının modern paleontolojinin bulguları tarafından nasıl da onaylanmış olduğunu görmekten mutlu olacaktı. Bunlar uzun yıllar önce tahmin etmiş olan, ancak varlıkları sadece son birkaç on yılda ortaya konulan çok sayıda türü kapsamaktadır.

Fakat *ne* büyük bir evrimsel geçiş için kanıt olarak değerlendirilebilir? Evrimsel kurama göre, herhangi iki tür için, ne kadar farklı olursa olsunlar, bir zamanlar her ikisinin atası olan tek bir tür vardı. Bu bir türü "kayıp halka" olarak adlandırabiliriz. Gördüğümüz gibi, bu tek atasal türü fosil kayıtlarda bulma şansı neredeyse sıfırdır. Fosil kayıtlar bunu beklemek için açıkça çok dağınıktırlar.

Fakat vazgeçmek zorunda değiliz, fosil kayıtlarda, ortak atalığı eşit derecede iyi belgeleyen gerçek "kayıp halkanın" yakın kuzenlerini bulabiliriz. Hadi bir örneği ele alalım. Darwin zamanında, biyologlar kalp ve kafatası yapısındaki benzerlikler gibi anatomik kanıtlardan kuşların sürüngenler ile yakın akraba olduğunu tahmin ettiler. Ortak bir atalarının bulunması gerektiğini, türleşme yoluyla iki soy hattı oluştuğunu, birinin sonunda tüm modern kuşları, diğerinin ise tüm modern sürüngenleri oluşturduğunu düşündüler.

Bu ortak ata neye benziyor olmalıydı? Sezgilerimiz bize bunun her iki tip hayvanın özelliklerinin bir karışımını gösteren modern bir kuş ile modern bir sürüngen arasında bir şeye benzediğini söylemektedir. Fakat Darwin'in *Türlerin Kökeni*'nde açıkça söylediği gibi ihtiyacımız olan bu değildir:

> Herhangi iki türe baktığımda, kendimi doğrudan bir ara form hayal etmekten kaçınmaktan zorlandım. Fakat bu bütünüyle yanlış bir düşünceydi; her zaman her hangi iki tür ve ortak fakat bilinmeyen bir ata arasında bir ara form aramalıyız ve bu ata genellikle tüm bu değişmiş altsoylarından bazı açılardan farklılaşmış olacaktır.

Sürüngenler fosil kayıtlarda kuşlardan önce görüldüklerinden, kuşlar ve sürüngenlerin ortak atasının *eski bir sürüngen* olduğunu ve bir sürüngene benzediğini öngörebiliriz. Şimdi bu ortak atanın bir dinozor olduğunu biliyoruz. Genel görünüşü gerçekten de bir "kayıp halka" olduğu konusunda bazı ipuçları verebilir; altsoylarından biri daha sonra bütün modern kuşları oluştururken, diğeri daha fazla dinozora kaynaklık etmiştir. Kanatlar ve uçma kaslarına kaide oluşturan büyük göğüs kemiği gibi gerçek kuş benzeri özellikler, kuşlara giden dalda sadece daha sonra evrimleşmiş olmalıdır. Soy hattının kendisi sürüngenlerden kuşlara ilerledikçe sürüngen ve kuş benzeri özelliklerin bir karışımına sahip birçok türü ortaya çıkarmış-

tır. Bu türlerden bazıları yok olurken, diğerleri bugünkü modern kuşlara evrimleşmeyi sürdürdüler. Ortak atalığın kanıtı için bakmamız gereken dallanma noktasının yakınındaki türlerin akrabaları olan eski türlerin bu *gruplarıdır*.

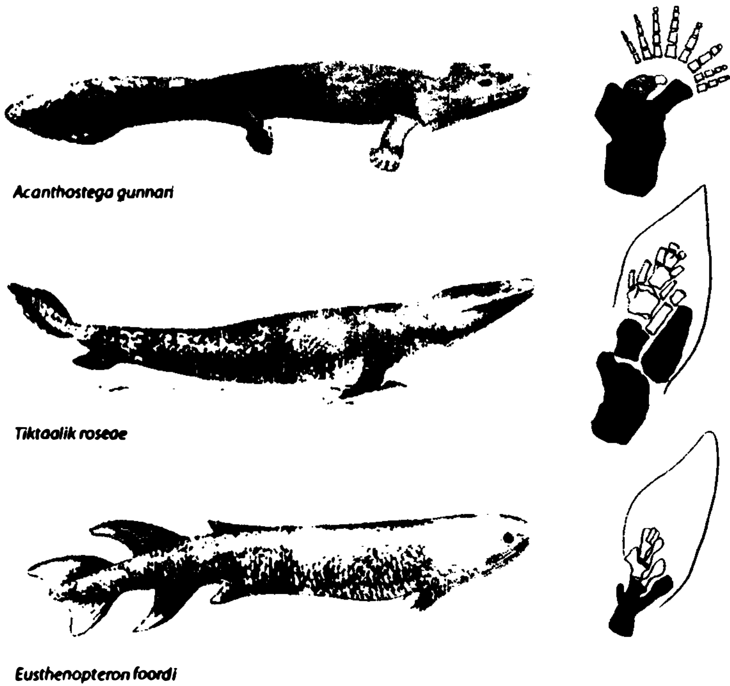
Bu nedenle, iki grubun ortak atalığını göstermek için, bizim onların ortak atası olan tek bir doğru tür ve hatta bir atadan bir altsoya doğrudan bir türeme hattı üzerindeki bir türün fosillerini bulmamızı gerektirmez. Bunun yerine sadece iki grubu ilişkilendiren tipte özelliklere sahip olan fosiller görmeye gereksinimimiz vardır. Daha da önemlisi, bu fosilin jeolojik kayıtlarda doğru zamanda açığa çıktıklarını gösteren tarihlendirme kanıtlarına sahip olmak zorundayız. Bir "geçiş türü" bir "atasal türe" eşit değildir; doğal olarak öncesinde ve sonrasında yaşadığı organizmaların özelliklerinin bir karışımını gösteren bir türdür. Fosil kayıtların dağınık olduğu düşünüldüğünde, bu formları kayıtlarda uygun zamanlarda bulma mantıklı ve gerçekçi bir hedeftir. Örneğin sürüngen-kuş geçişinde, geçiş formları bazı kuş-benzeri özellikleri de olan erken dönem sürüngenlere benzemelidir. Bu geçiş fosillerini sürüngenlerin hâlihazırda evrimleşmiş olmalarından sonra fakat modern kuşların açığa çıkışlarından önce bulmalıyız. Dahası, geçiş formları bir atadan yaşayan bir altsoyuna giden türeme hattının doğrudan üzerinde olmak zorunda değildir. Yokolmuş olan evrimsel kuzenleri olabilirler. Göreceğimiz gibi, dinozorlar telekli kuşların doğuşuna kaynaklık etti. Fakat bazı telekli dinozorlar kuş benzeri hayvanların birçoğunun evrimleşmesinden çok sonralara kadar var olmaya devam ettiler. Bu daha sonraki telekli dinozorlar bize kuşların nereden geldikleri hakkında bilgi verdiklerinden halen evrim için kanıt oluştururlar.

Bu yolla geçiş formlarının yaşları ve bir ölçüde fiziksel görünüşleri, evrimsel kuramdan tahmin edilebilir. Gerçekleştirilen bazı daha yakın ve dramatik tahminler kendi grubumuzu, yani omurgalıları ilgilendirmektedir.

Karaya: Balıklardan Çiftyaşamlılara

Evrimsel biyolojinin gerçekleşen en büyük öngörülerinden biri 2004'te balık ve çiftyaşamlılar arasında bir geçiş formunun keşfedilmesidir. Bu omurgalıların yaşamak için nasıl karaya çıktıkları konusunda bizlere çok şey söyleyen fosil tür *Tiktaalik roseae*'dir. Keşfi evrim kuramının şaşırtıcı bir doğrulamasıdır.

Yaklaşık 390 milyon yıl öncesine kadar, tek omurgalılar balıklardı. Fakat 30 milyon yıl sonra, açık şekilde karada yürüyen dört üyeli omurgalılar olan tetrapodlara rastlıyoruz. Bu erken dönem dört üyeliler bir kaç bakımdan modern çiftyaşamlılara benzemekteydiler. Yassı baş ve vücuda, belirgin bir boyuna, iyi-gelişmiş üyeler ve üye kemerine sahiplerdi. Dahası, erken dönem balıklar ile özellikle de "lob-yüzgeçli balıklar" olarak bilinen grupla güçlü bağlar gösterirler. Bu gruba bu adın konulmasının nedeni, onları sığ göl veya akarsu tabanından yukarı kalkmakta dayanak olarak kullandıkları büyük kemikli yüzgeçleridir. Erken dönem dört yüzgeçlilerin balık benzeri-karakterleri pullar, üye kemikleri ve baş kemiklerini kapsar (Şekil 8).



ŞEKİL 8. Karaların işgali. Erken dönem lob-yüzgeçli bir balık (*Eusthenopteron foordi)* yaklaşık 385 milyon yıl önce; Grönland'dan bir kara yaşamlı tetrapod (*Acanthostega gunnari*), yaklaşık 365 milyon yıl önce; ve Ellesmere Adası'ndan geçiş formu *Tiktaalik roseae*, yaklaşık 375 milyon yıl önce. *Tiktaalik*'in vücut şeklinin arada oluşu gibi üyeleri de, lob-yüzgeçli balığın güçlü yüzgeçleri ile daha da güçlü yürüyüçü bacaklı tetrapodun üyeleri arasında bir yerde, kemik yapısına sahiptir. Taralı kemikler modern memelilerin kol kemiklerine evrimleşen kemiklerdir: Koyu taralı kemikler humerus (pazu) kemiklerimize ve sırasıyla orta ve açık taralı kemikler radius (önkol) ve ulna (dirsek) kemiklerimize dönüşeceklerdir.

Erken dönem balıkları karada yaşamak üzere nasıl evrimleştiler? Bu benim Chicago Üniversitesi'nden meslektaşım Neil Shubin'in ilgilendiği ve hatta takıntı haline getirdiği soruydu. Neil yıllarını üyelerin yüzgeçten evrimini çalışmaya harcadı ve evrimin bu en erken evresini anlamaya kilitlendi.

Öngörünün devreye girdiği nokta burasıdır. Eğer 390 milyon yıl önce lob-yüzgeçli balıklar var fakat hiçbir karasal omurgalı yoksa ve açık biçimde karasal omurgalılar 360 milyon yıl önce gözleniyorsa, geçiş formlarını nerede bulmayı beklersiniz? İki zaman arasında bir yerde. Bu mantığı izleyerek, Shubin eğer geçiş formları var ise, fosillerin 375 milyon yıl civarındaki tabakada bulunabileceğini tahmin etti. Üstelik kayaç denizel çökellerden ziyade tatlısu çökelinden oluşmalıydı, çünkü son dönem lob-yüzgeçli balıklar ve erken dönem çiftyaşamlıların her ikisi de tatlısularda yaşamıştı. Shubin ve meslektaşları jeoloji ders kitaplarında doğru tarihte açığa çıkmış tatlısu çökelleri için bir harita araştırırken Kanada Arktiklerinde paleontolojik bakımdan araştırılmamış bir bölgeyi hedef aldılar. Bu bölge Kanada'nın kuzeyinde Arktik Okyanusta yer alan Ellesmere Adası'ydı. Beş uzun yıllık pahalı ve verimsiz bir araştırmadan sonra, en sonunda emeklerinin karşılığını aldılar. Eski bir derenin çökel kayaçlarında, biri diğerinin üstünde bir grup fosil iskelet istiflenmişti. Shubin kayaçtan dışarı fırlamış fosil yüzü ilk gördüğünde, en sonunda geçiş formunu bulduğunu biliyordu. Yerel Inuit halkının ve araştırmaya parasal destek sağlayan kişinin anısına fosil *Tiktaalik roseae* olarak adlandırıldı. Inuit dilinde "Tiktaalik"in anlamı "büyük tatlısu balığıdır" ve "roseae" bilinmek istemeyen destekçiye atfen verilmiş isimdir.

Tiktaalik onu erken dönem lob-yüzgeçli balıklar ile daha sonraki çiftyaşamlılar arasında doğrudan halka yapan özelliklere sahiptir (Şekil 8). Sadece bir özelliğini söylersek, başı bir semenderinki gibi yassıdır ve gözleri ve burun delikleri kafatasının yanlarında olmak yerine tepesindedir. Bu sığ sularda yaşadığını ve yürüyebildiğini ve muhtemelen su üstünde nefes alabildiğini önermektedir. Yüzgeçler hayvanın çevresini gözlemlemesine yardımcı olmak için kendini yukarı kaldırmasına izin verecek şekilde daha kuvvetli hale geldi. Erken dönem çiftyaşamlılar gibi *Tiktaalik* bir boyuna sahipti. Balıkların boyunları yoktur ve kafatasları doğrudan omuzlarına bağlanır.

En önemlisi, *Tiktaalik* altsoylarının karayı işgal etmesine yardımcı olmalarında kullanışlı olduklarını kanıtlayan iki yeni özelliğe sahiptir. İlki

hayvanın havayı ciğerlerine pompalanmasını ve oksijeni solungaçlarından uzaklaşmasına yardımcı olan bir takım güçlü kaburgadır. (*Tiktaalik* her iki yolla soluyabilmekteydi). Lob-yüzgeçli balıkların yüzgeçlerindeki birçok küçük kemik yerine, *Tiktaalik* uzuvları daha az sayıda ve daha güçlü kemiklere sahipti. Daha sonra gelen ve bizi de kapsayan bütün karasal canlılardakine benzer sayı ve pozisyonda kemikleri vardı. Gerçekten de, üyeleri en iyi şekilde kısmen yüzgeç kısmen de bacak olarak tanımlanabilir.

Açık biçimde *Tiktaalik* sığ sularda yaşayan ve gezinmeye, su yüzeyine çıkmaya ve hava solumaya iyi uyum göstermiştir. Yapısı göz önüne alındığında muhtemelen yeni bir davranışın işe karıştığı bir sonraki kritik evrimsel adımı gözümüzün önüne getirmeliyiz. Birkaç *Tiktaalik* altsoyu avcılardan kaçınmak ya da hâlihazırda evrimleşmiş olan birçok dev böcek arasında besin bulabilmek için, sağlam yüzgeç üyeleri üzerinde suyun dışına çıkmaya cüret etmek ve diğer dereye yönelmek (bugün tropiklerde tuhaf bataklık-kayanı balıkların yaptığı gibi) için yeterli cesarete sahip olmalıydı. Eğer karaya çıkmış olmasının avantajları varsa, doğal seçilim bu keşifçileri balıktan çiftyaşamlılara dönüştürebilir. Bu kıyıya küçük adımın, sonunda bir sırt kemiğine sahip bütün karada yaşayan canlıların evrimine yol açan, bir omurgalı-benzerleri için büyük bir adım olduğunun ispatıdır.

Tiktaalik'in kendisi kıyı yaşamı için hazır değildi. Tek şey söyleyecek olursak, henüz yürümesine izin verecek bir üyesi evrimleşmemişti. Hala su altında solumak için içsel solungaçlara sahipti. Öyle ise başka bir tahminde bulunabiliriz. Bir yerlerde yaklaşık olarak 300 milyon yıl yaşlı tatlısu çökellerinde, körelmiş solungaç ve *Tiktaalik*'in sahip olduklarından biraz daha güçlü üyelere sahip çok erken dönem kara canlılarını bulacağız.

Tiktaalik, atalarımızın akan suların sığ yerlerinde pusuya yatan yassı başlı yırtıcı balıklar olduğunu göstermektedir. Balık ve çiftyaşamlıları birbirlerine muhteşem şekilde bağlayan bir fosildir. Eşit biçimde muhteşem olan, sadece keşfedilmesi değil fakat belli bir yerde ve belli yaştaki kayaçlarda bulunacağının tahmin edilmiş olmasıdır.

Evrimin dramını deneyimlemenin en iyi yolu fosili kendinizin görmesidir ya da daha iyisi elinize almanızdır. Benim öğrencilerim bu şansa, Neil *Tiktaalik*'in bir replikasını sınıfa getirdiğinde, elden ele dolaşmasına izin verdiğinde ve doğru bir geçiş formunun açığı nasıl doldurduğunu gösterdiğinde sahip oldular. Onlar için bu evrimin gerçek olduğu konusundaki en inandırıcı kanıttı. Hangi sıklıkta, az ya da çok uzak atanız olan, evrimsel tarihin bir parçasını elinize alırsınız?

Yoktan Var olmak: Kuşların Kökeni

Yarım bir kanadın ne faydası vardır? Ta Darwin'den bu yana, bu soru, evrim ve doğal seçilim konusunda şüphe uyandırmak için ortaya atılmıştır. Biyologlar bize kuşların erken dönem sürüngenlerden evrimleştiğini söylemektedir. Fakat karada yaşayan bir hayvan uçma yeteneğini neden evrimleştirmiştir? Doğal seçilim, yaradılışçıların iddiasına göre, bu geçişi açıklayamamaktadır. Çünkü gelişmemiş bir kanada sahip hayvanların olduğu ara evreler gerekmektedir. Bu *bir yaratığa seçici bir avantaj sağlamaktan daha çok engel gibi görünmektedir.*

Fakat biraz düşünürseniz, uçmanın evriminde ara evreler, yani taşıyıcıları için yararlı olan evreler bulmamız çok zor değildir. Süzülme açık ilk adımdır. Süzülme plasentalı memelilerde, keseli memelilerde ve hatta kertenkelelerde bağımsız olarak birçok kez evrimleşmiştir. Uçan sincaplar yanlarından uzayan deri kanatları ile oldukça iyi biçimde süzülebilirler. Bu, predatörlerden kaçmak için bir ağaçtan diğerine atlamak veya yiyecek bulmak için oldukça iyi bir yoldur. Hatta daha dikkate değer olan, Güneydoğu Asya'nın colugo veya "uçan lemuru" baştan kuyruğa uzanan etkileyici bir zara sahiptir. Bir colugonun yaklaşık altı tenis kortu uzunluğu olan, 140 metrelik bir mesafe süzüldüğü gözlemlenmiş ve bu esnada sadece 12 metrelik bir yükseklik kaybetmiştir! Bir sonraki evrimsel adımı göz önüne getirmek hiç te zor değildir. Yarasalarda gördüğünüz gibi gerçek uçma üretmek için colugo benzeri üyelerin kanat çırpması gerekir Fakat artık bu adımı sadece hayal etmek zorunda değiliz. Günümüzde uçucu kuşların nasıl evrimleştiğini açık biçimde gösteren fosillere sahibiz.

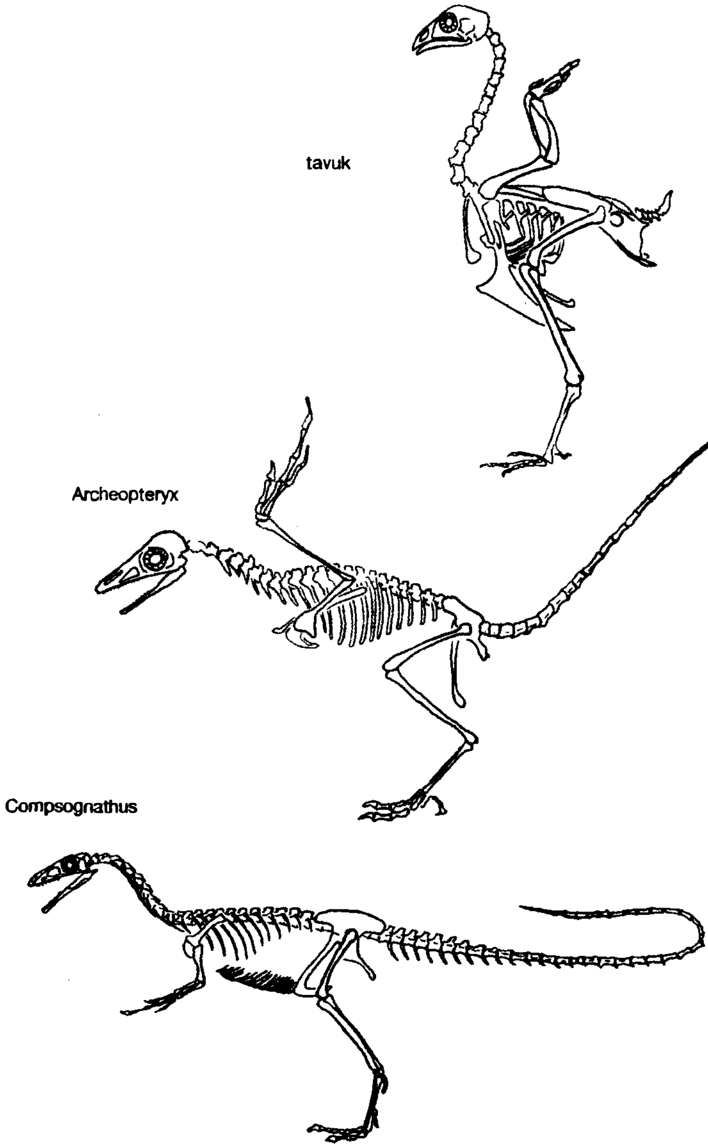
On dokuzuncu yüzyıldan bu yana, kuşlar ile bazı dinozorların iskeletleri arasındaki benzerlik özellikle de, çevik, iki ayak üzerinde yürüyen etçil dinozorlar olan *theropodlar,* paleontologların bunların ortak bir ataya sahip olduklarını kuramlaştırmalarına yol açtı. Yaklaşık 200 milyon yıl önce, fosil kayıtlarda çok sayıda theropod görülmektedir. Fakat hiçbiri kuş-benzeri bir şeye belli belirsiz bile olsa benzer görülmemektedir. Fakat 70 milyon yıl önceye geldiğimizde, oldukça modern görünen kuş fosilleri görmekteyiz. Eğer evrim gerçek ise, bu durumda sürüngen-kuş geçişini kayaçlarda 70 ile 200 milyon yıl arasında görmeyi beklemeliyiz.

Evet, tam da oradalar. Kuşlar ve sürüngenler arasındaki ilk halka aslında Darwin tarafından biliniyordu. *Türlerin Kökeni*'nin sonraki baskılarında, ne tuhaftır ki sadece kısaca ve sadece bir garabet olarak bahsetti. Tüm ge-

çiş formlarının muhtemelen en ünlüsüdür. Almanya'da 1860'da *kum taşı* ocaklarında keşfedilen karga büyüklüğündeki *Archaeopteryx lithographica* (*Archaeopteryx* "eski kanat" anlamına gelir ve "lithographica" adı litografik plakalar oluşturacak ve yumuşak telek izlerini saklayacak kadar ince taneli Solnhufen kum taşlarından gelmektedir), tam olarak bir geçiş formunda bulunması beklenen özelliklerin bir bileşkesine sahiptir. Yaklaşık 145 milyon yıllık yaşı ile beklediğimiz yere yerleşmektedir.

Archaeopteryx gerçekten kuştan daha fazla bir sürüngendir. İskeleti neredeyse bazı theropod dinozorlarla aynıdır. Öyle ki, *Archaeopteryx* fosilini yeterince dikkatli şekilde incelemeyen bazı biyologlar telekleri gözden kaçırdılar ve canlıyı theropod olarak yanlış sınıflandırdılar (Şekil 9 iki tip arasındaki bu benzerliği göstermektedir). Sürüngen özellikleri dişli bir çene, kemikli uzun bir kuyruk, tırnaklar, kanatta ayrı parmaklar (kemirdiğiniz bir tavuk kanadını inceleyerek görebileceğiniz gibi modern kuşlarda bu kemikler kaynaşmıştır) ve kafatasına aşağıdan bağlanmak yerine (modern kuşlarda olduğu gibi) arkadan bağlanan bir boyunu (dinozorlarda olduğu gibi) kapsamaktadır. Kuş benzeri özelliklerin sayısı sadece ikidir. Büyük telekler ve muhtemelen tünemek için kullanılan güçlü büyük bir ayak parmağı. Bütünüyle telekli olmakla birlikte bu yaratığın uçup uçamadığı halen açık değildir. Fakat asimetrik telekleri (herbir teleğin bir tarafı diğer tarafından daha büyüktür) uçabildiğini önermektedir. Asimetrik telekler uçak kanatları gibi, aerodinamik uçuş için gerekli olan "kanatçık" şekli oluştururlar. Fakat uçabilmiş olsa bile, *Archaeopteryx* temelde dinozordur. Ayrıca evrimciler onu bir mozaik olarak adlandırırlar. Her özelliğinin kuşlar ve sürüngenlerin arasında olmasından çok, *Archaeopteryx* oldukça kuş benzeri birkaç özellik taşırken oldukça fazla sürüngen özelliklerine sahiptir.

Archaeopteryx keşfinden sonra, yıllar boyunca modern kuşlar ve ataları arasında bir boşluk bırakacak şekilde, hiçbir sürüngen-kuş ara formu bulunmadı. Daha sonra 1990'ların ortalarında, Çin'den bir seri nefes kesici keşif bu boşluğu doldurmaya başladı. Yumuşak kısımların baskı izlerini korumuş olan göl çökellerinde bulunan bu fosiller, telekli theropod dinozorların gerçek bir gösterisini temsil etmektedir. Bunlardan bazıları muhtemelen erken dönem telekleri temsil eden tüm vücudu örten çok küçük filament benzeri yapılara sahiptir. Bunlardan biri *Sinornithosaurus millenii*'dir (*Sinornithosaurus* "Çin kuş-kertenkelesi" anlamındadır). Bütün vücudu uzun ince teleklerle kaplıydı. Ancak telekler o kadar küçüktür



ŞEKİL 9. Modern bir kuşun (tavuk), bir geçiş formunun (*Archaeopteryx*) ve *Archaeopteryx* atalarından birine benzeyen küçük, iki ayaklı etçil bir theropod dinosorun (*Campsognathus*)'un iskeletleri. *Archaeopteryx* modern kuşlarınkine benzeyen birkaç özelliğe (telekler ve kavrayıcı büyük başbarmak) sahiptir fakat iskeleti dişler, sürüngen pelvisi ve uzun kemikli kuyruğu ile bir dinozorunkine oldukça benzerdir. *Archaeopteryx* yaklaşık bir karga büyüklüğündeydi, *Campsognathus* ise biraz daha büyüktü.

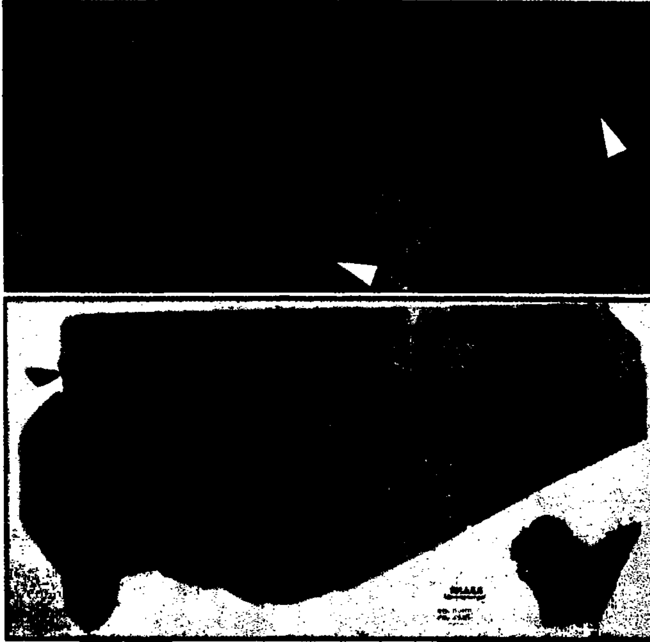






ŞEKİL 10a. Telekli dinozor *Sinornithosaurus millenii*'nin Çin'den orijinal fosili (yaklaşık 125 milyon yıl yaşlı) ve resam çizimi. Fosil açık biçimde, özellikle baş ve ön üyede (oklar) filament telek izleri taşımaktadır.





ŞEKİL 10b. Ön ve arka üyelerinin her ikisinde uzun teleklere sahip tuhaf "dört-kanatlı" dinozor *Microraptor gui*. Bu telekler (oklar) yaklaşık 120 milyon yıl yaşlı fosillerde açıkça görülmektedir. Bu hayvanın uçabildiği veya sadece süzülebildiği açık değildir. Ancak arka "kanatlar" neredeyse kesinlikle, çizimde gösterildiği gibi konmasına yardımcı olmuştur.

ki uçmalarına yardım etmeleri mümkün değildir (Şekil 10a). Tırnakları, dişleri ve uzun kemikli kuyrukları bu yaratığın açık biçimde modern bir kuş olmaktan uzak olduğunu göstermektedir.

Diğer dinozorlar başları ve ön üyelerinde orta boylu telekler taşırlar. Bazıları ise modern kuşlara benzer şekilde ön üyeleri ve kuyruklarında büyük teleklere sahiptirler. Hepsinin en ilginç olanı "dört-kanatlı dinozor olan" *Microraptor gui*'dir. Hiçbir modern kuşa benzer olmayan şekilde, bu tuhaf 75 santim boyundaki yaratık, muhtemelen açıldıklarında süzülme için kullanılan tamamen telekli kol ve bacaklara sahipti (Şekil 10b).

Öyle görünüyor ki theropod dinozorlar sadece ilkin kuş benzeri özelliklere sahip değillerdi: Aynı zamanda kuş gibi davrandılar. Amerikalı paleontolog Mark Norell ve ekibi atasal davranış gösteren iki fosil tanımladılar. Eğer bu fosillerden biri "dokunaklı" sonu olan olarak adlandırılacaksa, işte tam da budur. Bunlardan biri, tam da modern kuşların uyuduğu gibi kafasını katladığı kanat benzeri ön üyesi altına sıkıştırmış şekilde uyuyan küçük telekli bir dinozordur (Şekil 11). *Mei long* (Çince "uykudaki ejderha" anlamında) bilimsel adı verilen bu hayvan pineklerken ölmüş olmalıdır. Diğer fosil kuşlarınkine benzer kuluçka davranışı gösterecek şekilde, yuvasında yumurtaların üzerinde otururken kendi sonuyla karşılaşmıştır.

Bütün uçamayan telekli dinozor fosilleri 135 ile 110 milyon yıl öncesine, yani 145 milyon yıl yaşındaki *Archaeopteryx*'den sonraya tarihlendirilirler. Bunun anlamı bunların *Archaeopteryx*'in doğrudan ataları olmayacağı fakat kuzenleri olabilecekleridir. Telekli dinozorlar muhtemelen akrabaları kuşların doğuşuna kaynaklık ettikten sonra var olmaya devam ettiler. Öyle ise *Archaeopteryx*'in ataları olan daha yaşlı telekli dinozorlar bile bulabiliriz. Problem teleklerin sadece özel çökellerde, yani lagün veya göl tabanı gibi durgun ortamların ince taneli çamurlarında korunmuş olmalarıdır ve bu koşullar oldukça nadirdir. Fakat başka bir sınanabilir evrimsel öngörüde bulunabiliriz: Bir gün *Archaeopteryx*'den daha yaşlı telekli dinozor fosilleri bulacağız.[11]

Archaeopteryx'in bütün modern kuşlara köken olan bir tek tür olduğu konusunda emin değiliz. "Kayıp halka" olduğu kuşkulu görünmektedir. Fakat tüm bunlardan bağımsız olarak, modern kuşların ortaya çıkışını açık biçimde belgeleyen uzun bir fosil zincirinin (bazıları yılmaz Paul Sereno tarafından bulunmuş olan) bir halkasıdır. Bu fosiller gençleştikçe, sürüngen kuyruğunun küçüldüğünü, dişlerin kaybolduğunu, tırnakların birbiriyle kaynaştığını ve uçma kaslarını desteklemek için daha büyük bir göğüs kemiğinin açığa çıktığını görmekteyiz.



ŞEKİL 11. Fosil davranış: Telekli theropod dinosor *Mei long* (üstte)'un bir kuş tünemesi pozisyonunda, başını ön üyenin altına kıvırmış şekilde uyurken fosilleşmesi. Ortada: *Mei long*'nin fosilden çizimi. Altta: Modern bir kuşun (genç bir ev serçesi) aynı pozisyonda uyuması.

Tüm bunları bir araya getirdiğimizde, kuşların uçabilmelerinden önce temel iskelet planlarının ve uçma için gerekli teleklerinin evrimleştiğini görmekteyiz. Birçok telekli dinozor vardı ve telekleri açık biçimde modern kuşlarınkiyle ilişkiliydi. Fakat eğer telekler uçmak için uyum olarak açığa çıkmadılarsa, peki ne için açığa çıktılar? Yine bilmiyoruz. Muhtemelen eş bulmada süs veya gösteri için kullanılmış olabilirler. Ancak, yalıtım için kullanılmış olmaları daha olası görünmektedir. Modern sürüngenlerin aksine theropodlar kısmen sıcakkanlı olmuş olabilirler; değillerse bile telekler vücut sıcaklıklarını korumaya yardımcı olmuş olmalıdır. Teleklerin nereden evrimleştikleri ise daha da gizemlidir. En iyi tahmin sürüngen pullarının oluştuğu aynı hücreden köken aldıklarıdır. Fakat bu konuda herkes hem fikir değildir.

Bilinmeyenlere rağmen; doğal seçilimin modern kuşları nasıl şekillendirdiği üzerine bazı tahminler yapabiliriz. Erken dönem karnivor dinozorlar (muhtemelen avlarını yakalamaya ve tutmaya yardımcı olan) daha uzun ön üyeler ve eller evrimleştirdiler. Bu tür yakalama ön üyeyi hızlıca uzatan ve içeri doğru geri çeken kasların evrimini destekleyecektir. Bu tam da gerçek uçmada aşağı doğru kanat vurmak için kullanılan harekettir. Daha sonra muhtemelen yalıtımı için telekli örtü bunu izledi. Bu yenilikler düşünüldüğünde, uçma en az iki yoldan evrimleşmiş olabilir. Birincisi "ağaçtan aşağı" senaryosu olarak adlandırılır. Bazı theropodların en azından kısmen ağaçlarda yaşadığına ilişkin bulgular vardır. Telekli ön üyeler bu sürüngenlerin bir ağaçtan diğerine ya da ağaçtan yere süzülmeleriyle predatörlerden kaçmak, daha kolay biçimde daha fazla yiyecek bulmak veya düştüklerinde yastık ödevi görmek üzere yardımcı olacaktır.

Farklı ve daha olası senaryo "yerden yükselme" hipotezi olarak adlandırılmaktadır. Bu hipotez uçmayı telekli dinozorların avlarını yakalamak için açık kollarla yapmış olmaları muhtemel koşma ve sıçramanın bir yan ürünü olarak evrimleşmesi şeklinde görür. Daha büyük kanatlar koşmaya yardımcı olarak da evrimleşebilir. Montana Üniversitesi'nden Kenneth Dial tarafından çalışılan bir av kuşu olan keklik, bu adımın yaşayan bir örneğini temsil etmektedir. Bu keklikler neredeyse hiç uçmazlar ancak temel olarak kanatlarını tepe yukarı koşmalarına yardımcı olarak için çırparlar. Bu kanat çırpma onlara sadece daha fazla itici güç sağlamaz, aynı zamanda yere karşı daha fazla tutunma gücü de sağlar. Yumurtadan yeni çıkmış civcivler 45 derecelik bir eğimle yukarıya koşabilirler; yetişkinler ise sadece koşarak ve kanat çırparak dik olandan daha fazla 105 derecelik bir eğimle yukarı koşabilirler. Bu tepe yukarı hızlı tırmanışın açık avantajı kuşların

predatörlerinden kaçmalarına yardım etmesidir. Uçmanın evriminde bir sonraki adım hindilerin ve bıldırcınların tehlikeden kaçmak için yaptıklarına benzer şekilde çok kısa hava sıçrayışlarıdır.

"Ağaç aşağı" veya "yerden yükselme" senaryolarının ikisinde de doğal seçilim, sadece süzülme, sıçrama veya kısa mesafe uçma yerine daha uzağa uçabilen bireyler lehine çalışmayla başlayacaktır. Daha sonra ağırlığı azaltmak için içi boş kemikler ve daha büyük göğüs kemiği gibi modern kuşlar tarafından paylaşılan diğer yenilikler gelecektir.

Detayları konusunda spekülasyon yapabilmekle beraber, geçiş formlarının varlığı ve kuşların sürüngenlerden evrimleşmesi bir gerçekliktir. *Archaeopteryx* ve daha sonraki akrabaları gibi fosiller, kuş-benzeri ve erken dönem sürüngen özelliklerinin bir karmasına sahiptirler ve fosil kayıtlarda doğru zamanlarda ortaya çıkarlar. Bilim insanları kuşların theropod dinozorlardan evrimleştiğini öngördüler ve gerçekten de telekli theropod dinozorlar buldular. İnce, filament benzeri vücut örtüsüne sahip erken dönem theropodlardan, muhtemelen usta süzülücüler olan belirgin teleklere sahip olanlara kadar, zaman düzleminde bir ilerleme görmekteyiz. Kuşların evriminde gördüğümüz, tam da evrimsel kuramın öngördüğü gibi, parmaklı ön üyeler ve deride ince filamentler gibi eski özelliklerin, parmaksız kanat ve telekler şeklinde yenilerine dönüşmesidir.

Suya Geri Dönüş: Balinaların Evrimi

Amerikalı bir yaradılışçı olan Duane Gish, evrime saldırdığı canlı ve popüler (son derece saptırıcı olmasına rağmen) konferanslarıyla ünlüdür. Bir keresinde Gish'in biyologların balinaların ineklerle akraba olan kara hayvanlarından türediği kuramı ile alay ettiği birine, bende katıldım. Ara form, kara ve suyun her ikisine de zayıf biçimde uyum sağlıyor olacağından ve bu yüzden doğal seçilim tarafından desteklenmeyeceğinden, diye sordu, böylesi bir geçiş nasıl açığa çıkabilir? (Bu kuşların evrimine karşı ileri sürülen bir-yarı-kanat düşüncesine benzemektedir). Düşüncesini betimlemek için, Gish ön yarısı benekli bir inek, arka yarısı bir balık olan denizkızı benzeri bir hayvan karikatürü saydamı gösterdi. Belli ki, kendi evrimsel kaderi konusunda kafa yoran bu açıkça uyumsuz yaratık, başının üzerindeki büyük bir soru işareti ile suyun kenarında durmaktaydı. Karikatür beklenen etkiyi yarattı, izleyiciler kahkahaya boğuldu. Evrimciler, diye düşündüler, nasıl bu kadar aptal olabilirler?

Gerçekten de, bir "balık-sığır" karasal ve sucul memeliler arasındaki bir geçiş formunun saçma (Gish'in "sığır fiyaskosu" olarak adlandırdığı) bir örneğidir. Fakat şaka ve retoriği bir tarafa bırakalım ve doğaya bakalım. Sözüm ona evrimleşemeyecek olan böylesi bir yaratık, yani hem karada hem de suda yaşayan memeliler, bulabilir miyiz?

Kolayca. Karasal hayvanlara yakın akraba olmakla birlikte, bir karasal hayvanın sucul olabileceği kadar sucul olan su aygırı (hipopotam) iyi bir adaydır (İki türü vardır, cüce su aygırı ve bilimsel adı tam olarak *Hippopotamus amphibius* olan "yaygın su aygırı"). Su aygırları zamanlarının çoğunu, tropik nehir ve bataklıkların içinde, hepsi suyun altında sıkıca kapatılabilen, başlarının tepesine yerleşmiş göz, burun ve kulaklarıyla yaşam alanlarını gözetleyerek geçirirler. Suaygırları suda çiftleşir ve yürümezden önce yüzebilen bebekleri, sualtında doğar ve meme emerler. Suaygırları oldukça sucul olduklarından, otlanmak için karaya çıkmalarını sağlayan özgün uyumlara sahiptirler. Genellikle gece beslenirler ve güneş yanıklarına açık olduklarından, bir pigment (hipposüdorik asit) içeren, koruyucu bir güneş kremi ve muhtemelen bir antibiyotik gibi etki gösteren yağlı kırmızı bir sıvı salgılarlar. Bu suaygırlarının kan terledikleri efsanesinin doğmasına neden olmuştur. Suaygırları açık biçimde ortamlarına iyi uyum göstermektedirler ve eğer suda yeterli besini bulabilseler, sonunda bütünüyle sucul, balina-benzeri yaratıklara evrimleşebileceklerini görmek zor değildir.

Fakat sadece yaşayan türlerden tahmin yürüterek, balinaların nasıl evrimleştiklerini anlamak zorunda değiliz. Balinalar sucul habitatlarının ve sağlam, kolayca fosilleşen kemiklerinin bir lütfu olarak mükemmel fosil kayıtlara sahiptirler. Nasıl evrimleştikleri sadece son 20 yılda ortaya çıktı. Karadan suya geçişlerini gösteren, muhtemelen atasoylar ve altsoylarının bir diziliminin kronolojik olarak sıralanmış fosil serilerine sahip olduğumuzdan, bu bizim en iyi evrimsel geçiş örneklerimizden biridir.

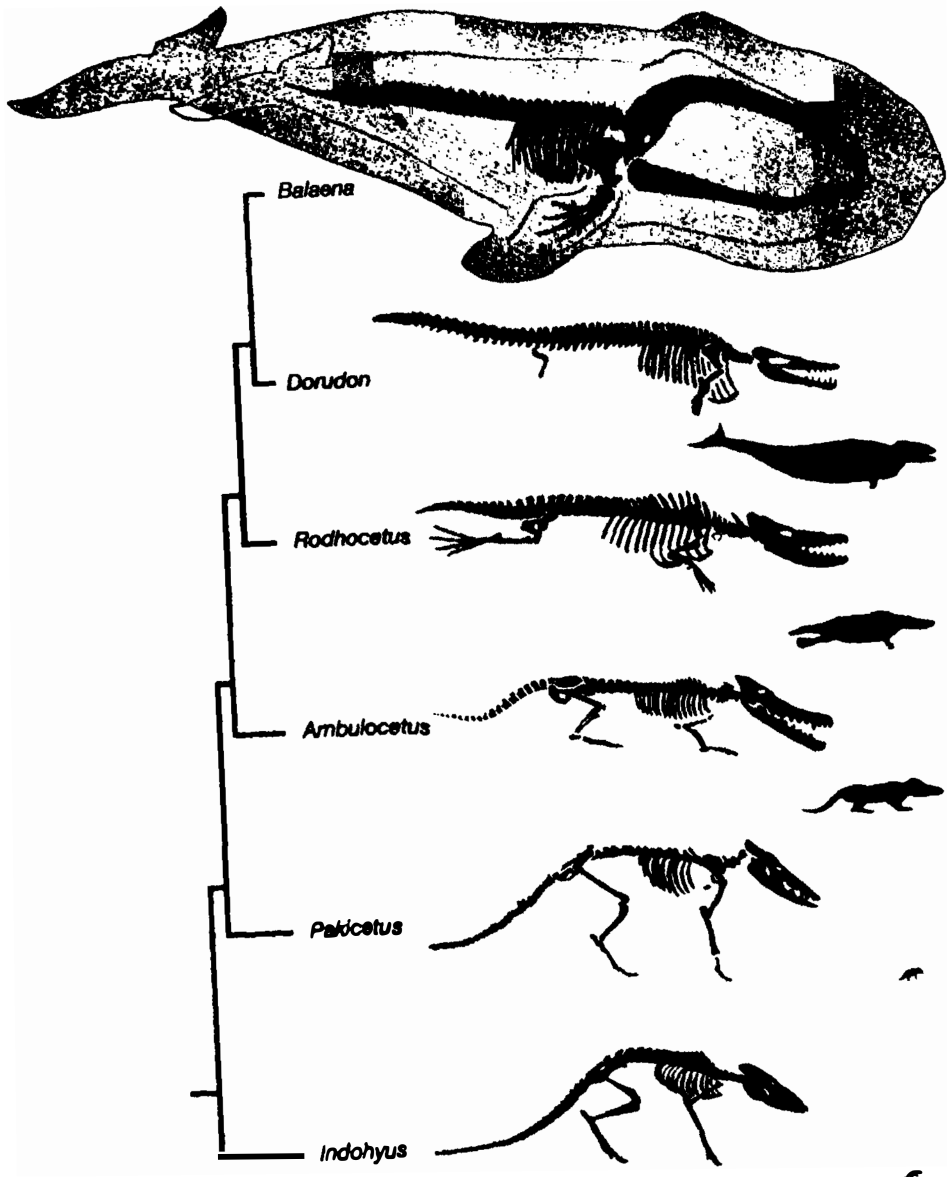
On yedinci yüzyıldan bu yana balinalar ile akrabaları yunuslar ve limanyunuslarının memeli oldukları kabul edilmektedir. Sıcakkanlıdırlar, sütle besledikleri canlı yavrular üretirler ve püskürtme deliklerinin etrafında kıllara sahiptirler. Balina DNA'sından kanıtlar yanında pelvis kalıntısı (leğen kemiği) ve arka üyeleri gibi körelmiş organları atalarının karada yaşamış olduğunu göstermektedir. Balinalar neredeyse kesin olarak çift toynaklı, develer ve domuzlar gibi eşit sayıda tırnağa sahip memeli grubu bir türünden evrimleşmişlerdir[12]. Günümüzde biyologlar, tahmin

ettiğiniz gibi balinaların yaşayan en yakın akrabasının su aygırı olduğuna inanmaktadırlar. Yani su aygırı-balina senaryosu her şeye rağmen o kadar da gerçekleşmez bir senaryo değildir.

Ancak balinalar kendilerini karasal akrabalarından ayıran kendine özgü özelliklere sahiptirler. Bunlar arasında arka üyelerin yokluğu, ön üyelerin kürek şeklini alması, yassı zıpkın benzeri bir kuyruk, bir püskürtme deliği (başın tepesindeki burun deliği), kısa bir boyun, basit konik dişler (karasal hayvanların çok-taçlı ve karmaşık dişlerinden farklı), su altında duymaya izin veren kulakların özgün özellikleri ve kuyruğun güçlü yüzme kaslarına kaide oluşturan omurganın üstündeki güçlü çıkıntı sayılabilir. Orta Doğu'da bulunan şaşırtıcı bir fosil serisi sayesinde, karasal bir formdan sucul bir forma bu özelliklerin her birinin (fosilleşmeyen kemiksiz kuyruk hariç) evrimini izleyebilmekteyiz.

Altmış milyon yıl önce çok sayıda memeli fosiline rastlanır; ama hiçbir fosil balinaya rastlanmaz. Modern balinalara benzeyen yaratıklar 30 milyon yıl sonra ortaya çıkarlar. Öyle ise biz geçiş formlarını bu zaman aralığında bulabilmeliyiz. Bir kez daha, bu tam da bulundukları yerdir. Şekil 12, 52 ile 40 milyon yıl önceki bir zaman aralığında, bu geçişte görülen bazı fosilleri, kronolojik sırada göstermektedir.

Çizimler karada yaşayan bir hayvanın nasıl suya geçtiğini açıkça ortaya koyduğundan, bu geçişi ayrıntılı olarak tanımlamaya gerek yoktur. Bu dizi bir rakun büyüklüğünde *Indohyus* olarak adlandırılan, son yıllarda keşfedilmiş balinaların yakın bir akrabası olan bir fosille başlar. Kırk sekiz milyon yıl önce yaşayan *Indohyus,* tahmin edildiği gibi bir çift toynaklıydı. Sadece modern balinalar ve sucul atalarında görülen özgün nitelikli kulaklar ve dişlere sahip olduğundan açıkça balinalar ile yakın akrabadır. *Indohyus* büyük ölçüde sucul olan balina atalarından bir süre sonra açığa çıkmış olmakla birlikte, görünüşü muhtemelen balina atasına büyük benzerlik göstermektedir. En azından kısmen suculdu. Bunu biliyoruz, çünkü kemikleri yaratığın suda batıp çıkmasını önleyecek şekilde, tamamen karasal olan memelilerden daha yoğundu. Ayrıca dişlerinden elde edilen izotoplar sudan çok miktarda oksijen soğurduğunu göstermektedir. Muhtemelen bugün çok benzer bir hayvan olan cüce su geyiği (Tragulidae familyası) gibi, vejetasyonda otlamak veya düşmanlarından kaçmak için sığ bataklık veya göller içinde yürümekteydi[13]. Bu yarı zamanlı sucul yaşam, balinaların atasını bütünüyle sucul olacakları bir yola koymuş olmalıdır.



ŞEKİL 12. Modern balinaların evriminde geçiş formları. (*Balaena* kalıntı pelvis ve arka üyesi ile modern bir balina, diğer formlar ise geçiş fosilleridir). Hayvanların göreli büyüklükleri sağdaki taramalarda gösterilmiştir. "Ağaç" bu türlerin evrimsel akrabalık ilişkilerini göstermeltedir.

Indohyus balinaların atası değildi, ama neredeyse kesin olarak onun kuzeniydi. Fakat dört milyon yıl geriye, yani 52 milyon yıl öncesine gidersek, ata olabilecek olanı görürüz. Bu daha basit dişler ve balina-benzeri kulaklara sahip, *Indohyus*'a göre balinalara biraz daha benzer olan, bir kurt büyüklüğünde *Pakicetus* olarak adlandırılan bir yaratığın fosil kafatasıdır. *Pakicetus* halen bir modern balinaya hiç benzememektedir; dolayısıyla eğer onu görmek için orada bulunuyor olsaydınız, onun veya onun yakın akrabalarının dramatik bir evrimsel çeşitlenmeye yol açabileceğini tahmin edemezdiniz. Daha sonra, zaman içinde giderek daha sucul hale gelen bir fosil serisi hızlı bir şekilde ortaya çıkmaktadır. Elli milyon yıl önce, uzamış kafatası ve halen atalarıyla ilişkisini açık şekilde ortaya koyan tırnaklarla sonlanan, küçülmüş fakat halen sağlam üyelere sahip, dikkat çekici *Ambulocetus* (kelime anlamı "yürüyen balina") görülmektedir. Muhtemelen zamanının büyük bir kısmını sığ sularda geçirmekteydi ve karada daha çok bir fok gibi acemice paytak bir şekilde yürüyor olmalıydı. *Rodhocetus* (47 milyon yıl önce) daha da suculdu. Burun delikleri bir şekilde geriye doğru kaymıştı ve daha fazla uzamış bir kafatasına sahipti. Kuyruk kaslarına kaide oluşturmak için sırt kemiğindeki sağlam uzantılar ile *Rodhocetus* iyi bir yüzücü olmalıydı, fakat küçük pelvisi ve arka üyeleri nedeniyle, karada engelliydi. Bu yaratık zamanının hepsini değilse bile büyük bir kısmını kesinlikle denizde geçiriyor olmalıydı. Son olarak, 40 milyon yıl önce kısa boyunları ve kafataslarının tepesindeki üfleme deliği ile açıkça tamamen sucul olan fosil *Basilosaurus* ve *Dorudon*'u görüyoruz. Pelvis ve arka üyeleri köreldiğinden (15 metre uzunluğundaki *Dorudon*'un bacakları sadece 60 cm uzunluğunda) ve iskeletin geri kalanı ile bağlantısını yitirdiğinden karada zaman geçirmeleri mümkün değildir.

Balinaların kara hayvanlarından evrimi alışılmadık biçimde hızlıydı. Birçok olay sadece 10 milyon yıl içerisinde gerçekleşti. Bu vücut şeklinde çok daha az değişim gerektiren geçiş, bizim şempanzeler ile ortak atamızdan ayrılmamızdan sonra geçen süreden çok fazla bir süre değildir. Ancak yine de deniz yaşamına uyum sıfırdan yeni özelliklerin evrimini değil, sadece eski olanların değişimini gerektirmiştir.

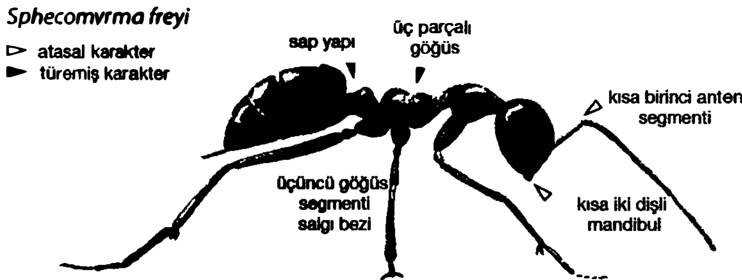
Fakat bazı hayvanlar hangi nedenlerle yeniden suya döndüler? Zaten ataları milyonlarca yıl önce karaları işgal etmemiş miydi? Neden tersine bir göç olduğu konusunda emin değiliz. Ancak bu konuda birkaç görüş vardır. Bir olasılık dinozorlarla birlikte, balık yiyen mosazor, ihtiyozor ve ple-

siyozorlar gibi vahşi kuzenlerinin ortadan kalmasını kapsar. Bu yaratıklar sucul memelilerle sadece besin konusunda rekabet etmiyorlar, fakat aynı zamanda onların besinini oluşturuyor olmalıydılar. Sürüngen rakiplerinin yokoluşları ile balinaların ataları yırtıcılardan arınmış ve besinle yüklü boş bir niş bulmuş olabilirler. Deniz işgal için hazır hale gelmişti. Tüm yararları sadece birkaç mutasyon ötedeydi.

Fosiller Ne Söylemektedir

Eğer bu noktada fosillere boğulmuş olduğunuzu düşünüyorsanız, evrimi gösteren diğer yüzlercesini burada ele almadığım için teselli bulabilirsiniz. Sürüngen ve memeliler arasında bir geçiş vardır ve bu durum birçok kitabın konusu olan ikisi arasındaki "memeli benzeri-sürüngenler" ile fazlasıyla belgelendirilmiştir. Gelelim atlara; atlar küçük bir beş tırnaklı atadan günümüzdeki mütevazi toynaklı türlere kadar çeşitlenen evrimsel bir dallanmayı ifade ederler. Şüphesiz, Bölüm 8'de tanımlanan insan fosil kayıtları, evrimsel öngörüleri doğrulayan en iyi örnektir.

Aşırıya kaçmak riskine rağmen, birkaç geçiş formundan daha kısaca söz edeceğim. İlki bir böcektir. Anatomik benzerliklerinden yola çıkarak entomologlar (böcek bilimciler, Ç.N.), uzun zamandan bu yana, karıncaların sosyal olmayan yabanarılarından evrimleştiklerini varsaydılar. E.O. Wilson ve meslektaşları 1967'de amberde korunmuş, entomologların öngördüğü gibi karınca ve yabanarısı benzeri özelliklerin neredeyse tam bir bileşimini taşıyan bir "geçiş" karınca fosili buldular (Şekil 13).



ŞEKİL 13. Geçiş böceği: Yabanarılarının ilkin özelliklerini–öngörülen atasal grup–ve evrimli karıncaların özelliklerini gösteren erken dönem bir karınca. *Sphecomyrma freyi* türünün tek bir örneği, 92 milyon yıl yaşlı amberde korunmuş olarak bulundu.

Benzer şekilde, fosil kayıtlarda bacaklı sürüngenlere yılanlardan çok daha önce rastlandığı için, yılanların kertenkele-benzeri sürüngenlerden bacakların kaybedilmesiyle evrimleştiği uzun süreden beri öngörülmekteydi. Paleontologlar 2006'da Patagonya'da kazı yaparken 90 milyon yıl yaşında, bilinen en eski yılan fosilini buldular. Tam da öngörüldüğü gibi, küçük bir pelvik kalıntıya ve küçülmüş arka üyelere sahipti. Tüm bunlardan en heyecan verici olanı muhtemelen Çin'de bulunan 530 milyon yıl yaşlı, pileli sırt yüzgeci ile küçük bir yılan balığına benzeyen *Haikauella lanceolata* fosilidir. Ayrıca bir baş, beyin, kalp ve sırtında notokord olarak adlandırılan kıkırdak bir çubuğa sahipti. Bu muhtemelen en eski kordatlar (sırtipliler), yani bizim de ait olduğumuz bütün omurgalıların kökenine işaret etmektedir. Bu bileşkede, birkaç santimlik bir yaratık kendi evrimimizin de temelinde yatabilir.

Fosil kayıtlar bize üç şey öğretmektedir. Birincisi, sesli ve dilbaz bir biçimde bize evrimi anlatmaktadırlar. Kayaçlardaki kayıtlar evrimsel kuramın birçok öngörüsünü doğrulamaktadır; soyhatları içerisinde kademeli değişim, soyhatlarını ayrılmaları ve oldukça farklı organizmalar arasında geçiş formlarının varlığı. Bu kanıtları yok sayamayız veya bir tarafa atamayız. Evrim gerçekleşti ve birçok durumda nasıl gerçekleştiğini görmekteyiz.

İkincisi, geçiş formlarını bulduğumuzda fosil kayıtlarda tam olarak bulunması gerektiği yerde ortaya çıkmaktadırlar. En eski kuşlar dinozorlardan sonra, fakat modern kuşlardan önce görülmektedirler. Atasal balinaları kendi karasal ataları ve tam olarak modern balinalar arasında dağılmış görürüz. Eğer evrim gerçek olmasaydı, fosiller evrimsel açıdan anlamlı bir düzende açığa çıkmazlardı. Açık sözlü biyolog J.B.S. Haldane'e evrimi yanlışlayan ikna edici bir gözlemin ne olabileceği sorulduğunda, rapor edildiği üzere "Prekambriyen'de (543 milyon yıl önce sonlanan jeolojik zaman) tavşan fosilleri" diye homurdanmıştır. Söylemek gereksiz, ne Prekambriyen tavşanları, ne de diğer hiçbir anakronistik (yanlış zamana ait) fosil asla bulunmamıştır.

Son olarak, evrimsel değişim, büyük bir ölçekte olsa bile, hemen her zaman eskinin yeniye yeniden şekillenmesini gerektirir. Karasal hayvanların bacakları atasal balıkların güçlü üyelerinin değişmiş şeklidir. Memelilerin küçücük orta kulak kemikleri, sürüngen atalarının çene kemiklerinin şekil değiştirmesi ile oluşmuştur. Kuşların kanatları, dinozor ön üyelerinden köken alır. Balinalar ön üyeleri küreklere dönüşen ve burun delikleri başlarının tepesine taşınan karasal hayvanlardan türemişlerdir.

Tanrısal bir tasarımcının, bir mimarın yapıları tasarladığına benzer şekilde, organizmaları hiç yoktan tasarlarken yeni türleri var olan türlerin özelliklerini yeniden şekillendirerek oluşturması için hiçbir neden yoktur. Her bir tür pekâlâ baştan sona inşa edilebilir. Fakat doğal seçilim sadece hâlihazırda mevcut olanı değiştirmek yoluyla işler. Hiç yoktan yeni bir özellik üretmez. Darwinizm bu durumda, yeni türlerin eskilerin değişmiş sürümleri olacaklarını öngörür. Fosil kayıtlar bu öngörüyü fazlasıyla doğrular.

Bölüm 3

Kalıntılar: Körelmiş Organlar, Embriyolar ve Kötü Tasarım

Evrimin ışığı olmaksızın biyolojide hiçbir şey anlam taşımaz.
–Theodosius Dobzhansky

Orta-Çağ Avrupa'sında, kâğıdın varlığından önce el yazmaları (manüskript) parşömen ve kurutulmuş hayvan derisinin ince yaprakları olan trişe üzerine yazılarak yapılırdı. Bunları üretmek zor olduğundan, birçok Orta-Çağ yazarı eski yazmaları, eski kelimeleri kazıyarak ve yeni temizlenmiş sayfalara tekrar yazarak basbayağı tekrar kullanırlardı. Bu geri dönüşümlü el yazmaları, Yunanca "tekrar kazınmış" anlamındaki *palimpsestos* kelimesinden türetilmiş *palimpsestler* olarak adlandırılır.

Ancak çoğu kez eski yazmaların küçük izleri kaldı. Bunun antik dünyayı anlamamızda bir dönüm noktası olduğu görüldü. Birçok antik metini, gerçekten de orijinal kelimeleri yeniden elde etmek için, Orta-Çağ üst üste yazılım tabakalarının altını dikkatlice incelemek yoluyla anlayabilmekteyiz. Muhtemelen bunlardan en ünlüsü, Arşimet palimpsestleri olup, önce 10. yüzyılda Costantinopolis'de yazıldı ve 300 yıl sonra bir dua kitabı yazan bir rahip tarafından temizlendi ve üzerine yeniden yazıldı. Danimarkalı bir klasikçi 1906'da orijinal metinleri Arşimet'in çalışmaları olarak tanımladı. O zamandan bu yana, X-ray, optik karakter tarama ve diğer karmaşık yöntemlerin bir bileşkesi, alttaki orijinal metinleri çözümlemek için kullanılmaktadır. Bu zahmetli çalışma, ikisi daha önce bilinmeyen ve

bilim tarihinde oldukça önemli olan antik Yunanca yazılmış Arşimet'in üç matematik yasasını ortaya çıkardı. Geçmişi böylesi dolambaçlı yollardan keşfetmekteyiz.

Bu antik metinler gibi, organizmalar da tarihin yani evrimsel tarihin palimpsestleridir. Bitki ve hayvanların vücutlarında, evrime tanıklık eden, atalarına ilişkin ipuçları yatar ve bunlar çok sayıdadır. Bir zamanlar bir atada kullanışlı özelliklerin kalıntıları olarak anlam kazanan bu saklı özgün özellikler, yani "körelmiş organlar" vardır. Bazen uzun süreden bu yana sessiz kalmış olan atasal genlerin tesadüfi yeniden uyanışı ile üretilen "geriye gidiş" yani "atavizm" görürüz. Günümüzde DNA dizilerini doğrudan okuyabildiğimiz için, türlerin de moleküler palimpsestler olduğunu görmekteyiz. Genomlarında bir zamanlar kullanışlı olan genlerin kalıntılarını da içeren evrimsel tarihlerinin çoğu yazılıdır. Daha da fazlası, birçok tür embriyonal gelişimlerinde tuhaf olan şekilsel bükülmelerden geçerler. Organlar ve diğer özellikler ortaya çıkar; daha sonra dramatik bir şekilde değişirler ve hatta doğumdan önce tamamen yok olurlar. Türler hiçbir biçimde iyi tasarlanmamışlardır. Birçoğu tanrısal bir tasarımın değil fakat evrimin işaretlerini gösterecek şekilde kusurludurlar.

Stepen Jay Gould bu biyolojik palimpsetleri "tarihin anlamsız işaretleri" olarak tanımlamıştır. Fakat bunlar evrim için bazı en güçlü kanıtlar oluşturduklarından anlamsız değillerdir.

Körelmiş Organlar

BOSTON'DA LİSANSÜSTÜ ÖĞRENCİ İKEN, sıcakkanlı hayvanların iki bacak üzerinde mi, yoksa dört bacak üzerinde mi koşmalarının daha verimli olduğu üzerine bir makale yazmış olan kıdemli bir bilim insanına yardımcı olma görevi verilmişti. Makaleyi en saygın bilimsel dergilerden biri olan *Nature*'a sunmayı planlıyordu ve derginin kapağına girebilecek ve çalışmasına dikkat çektirecek kadar vurucu bir fotoğraf çekmede ona yardımcı olmamı istedi. Kendimi laboratuvardan dışarı atmaya hevesli, tüm bir öğleden sonrayı bir at ve devekuşunu, tek bir karede her iki koşma tipini gösteren, her ikisinin yan yana koşmalarını yakalamayı umarak, bir baraka etrafında kovalayarak geçirdim. Söylemek gereksiz, hayvanlar işbirliği yapmayı reddettiler ve bitkin düştüklerinde sonunda bizde vazgeçtik. Resmi hiçbir zaman elde ede-

mesek de[14], bu deneme bana bir biyoloji dersi verdi: Devekuşları uçamazlar, ancak yine de kanatlarını kullanabilirler. Koştukları zaman, tepetaklak düşmemek için kanatlarını yanlara açarak denge için kullanırlar. Bir devekuşu tahrik edildiğinde (bir baraka etrafında kovaladığınızda buna eğilimli olması gibi) bir tehdit gösterisi ile kanatlarını açarak doğrudan üzerinize gelir. Bu yoldan çekilmeniz için bir işarettir. Çünkü kavgaya hazır bir devekuşu hızlı bir vuruşla karnınızı kolayca deşebilir. Ayrıca kanatlarını çiftleşme gösterileri için de kullanırlar[15], ve yavrularını acımasız Afrika güneşinden korumak için kanatlarını açarak gölge oluştururlar.

Gerçi, ders daha da derinlere gider. Devekuşunun kanatları bir körelmiş özelliktir. Bir türün atalarında uyumsal bir özellik olan, fakat daha sonra ya işlevini bütünüyle yitiren ya da devekuşunda olduğu gibi yeni kullanımlar için yeniden uyarlanmış bir özelliktir. Bütün uçamayan kuşlar gibi, devekuşları da uçan atalardan türemişlerdir. Bunu hem fosil kanıtlardan hem de uçamayan kuşların DNA'larında taşıdıkları atalık örüntüsünden biliyoruz. Kanatlar halen var olmakla beraber, artık besin bulmak için kuşun uçmasına ya da yırtıcılardan kaçmasına yardımcı olamazlar ve fakat lisansüstü öğrencilerinin canını sıkarlar. Yine de kanatlar faydasız değildir ve yeni işlevler kazanmışlardır. Kuşa dengesini korumak, çiftleşmek ve düşmanlarını tehdit etmede yardımcı olurlar.

Afrika devekuşu uçamayan tek kuş değildir. *Ratitler* yanında Güney Amerika rheası, Avustralya emusu ve Yeni Zelanda kiwisi ve düzinelerce diğer kuş türü birbirlerinden bağımsız olarak uçma yeteneklerini kaybetmişlerdir. Bunlar uçamayan sutavukları, batağanlar, ördekler ve şüphesiz penguenleri kapsar. Muhtemelen en tuhaf olanı, temelde yerde yaşayan fakat ağaçlara tırmanabilen ve kendisini yavaşça "paraşüt" gibi orman tabanına indiren, uçamayan şişman bir papağan olan Yeni Zelanda kakaposudur. Kakapolar tükenme tehdidi ile yüz yüzedirler. Doğada yüzden daha az sayıda bireyi kalmıştır. Uçamadıkları için, buraya sonradan getirilmiş olan kedi ve sıçan gibi yırtıcılar için kolay avlardır.

Bütün uçamayan kuşların kanatları vardır. Kiwi gibi bazılarında kanatlar o kadar küçüktür ki (sadece birkaç santim uzunluğunda ve teleklerin altında saklı) bir işlevleri varmış gibi gözükmemektedir. Sadece kalıntıdırlar. Diğerlerinde, devekuşunda gördüğümüz gibi, kanatların yeni işlevleri vardır. Penguenlerde atasal kanatlar, kuşun su altında şaşırtıcı bir hızla yüzmesini sağlayan paletlere evrimleşmiştir. Ne var ki, bütün hepsi uçabi-

len kuş türlerinde gördüğümüz kemiklerin bütünüyle aynısına sahiptirler. Çünkü uçamayan kuşların kanatları bilinçli tasarımın (neden bir yaratıcı, yüzücü olan penguenler de dâhil, uçan ve uçamayan kanatlarda tamamen aynı kemikleri kullanmış olsun ki) değil, fakat uçan atalarından evrimleşmenin ürünleridirler.

Körelmiş özellikler evrime kanıt olarak sunuldukları zaman evrimim karşıtları daima aynı savunmayı yaparlar. "Bu özellikler kullanışsız değildir" derler. "Ya bir şey için kullanışlıdırlar, ya da ne için olduklarını henüz keşfetmedik." Başka bir deyişle, bir özelliğin halen bir işlevi var ise veya işlevi bulunmayı bekliyorsa körelmiş olamaz.

Fakat bu nakarat esas noktayı gözden kaçırmaktadır. Evrimsel kuram körelmiş karakterlerin işlevsiz olduğunu söylemez. Bir özellik aynı zamanda hem körelmiş hem de işlevsel olabilir. İşlevsiz olduğu için değildir, fakat *artık yapmak üzere evrimleşmiş olduğu işlevini yapmadığı* için körelmiştir. Devekuşunun kanatları kullanışlıdır, ancak bu bize evrim hakkında bir şey söylemediği anlamına gelmez. Bir yaratıcının devekuşuna dengesini sağlamasına yardımcı olmak için tesadüfen tıpa tıp küçülmüş kanatlara benzeyen üyeler vermesi ve bunların uçmak için kullanılan kanatlar gibi tamamen aynı şekilde inşa edilmiş olması tuhaf olmaz mı?

Aslında biz atasal özelliklerin yeni kullanımlara evrimleşmesini bekleriz: Bu tam da evrimin eski özelliklerden yenisini yaptığı zaman olan şeydir. Darwin'in kendisi "yaşam biçiminin değişmesi süresince, bir organın bir amaç için kullanışsız veya zararlı hale gelebileceğini ve kolayca başka bir amaç için değişebileceği ve kullanılabileceğini" not etmiştir.

Ancak bir özelliğin körelmiş olduğunu ortaya koyduğumuzda bile, sorular bitmemektedir. Hangi atalarda işlevseldi? Ne için kullanılmıştı? Neden işlevini kaybetti? Neden bütünüyle kaybolmak yerine halen oradadır? Eğer varsa hangi yeni işlevler evrimleştirdi?

Tekrar kanatları ele alalım. Açıkça, kanatlı olmanın, uçamayan kuşların uçan ataları tarafından paylaşılan, birçok avantajı vardır. Öyle ise bazı türler neden uçma yeteneklerini kaybettiler? Bütünüyle emin değiliz ancak oldukça güçlü bazı kanıtlarımız var. Uçamamanın evrimleştiği kuşların çoğu, bunu adalarda yaşadıkları için yaptılar. Mauritius'da yokolmuş Dodo kuşu, Hawaii sutavuğu, Yeni Zelanda kakapo ve kiwisi ve yaşadıkları adaların adı ile anılan birçok kuş (Samoan orman sutavuğu, Gough Adası moorheni, Auckland Adası teali ve diğerleri gibi). Bir sonraki bö-

lümde göreceğimiz gibi, uzak adaların dikkate değer bir özellikleri kuşların yırtıcıları olan memeli ve sürüngen türleri bulundurmamalarıdır. Ancak devekuşları gibi kıtalarda yaşayan ratitlere ne diyeceğiz? Bunların hepsi kuzeye göre az sayıda yırtıcı memelinin bulunduğu Güney Yarımkürede evrimleşmişlerdir.

Uzun lafın kısası, uçmak metabolik olarak maliyetli bir iştir; diğer şekilde üremeye yönlendirilebilecek yüklü bir enerji kullanımını gerektirir. Eğer uçmak temel olarak yırtıcılardan kaçınmak içinse ve yırtıcılar adalarda çoğunlukla bulunmuyorlarsa veya eğer adalarda olduğu gibi (çoğunlukla çok ağaç bulunmaz) yiyecek kolaylıkla yerden sağlanabiliyorsa, bu durumda neden bütünüyle işlevsel olan kanatlara ihtiyacınız olsun? Böylesi bir durumda küçülmüş kanatlara sahip kuşlar üreme avantajına sahip olabilirler ve doğal seçilim uçamamayı destekleyebilir. Ayrıca kanatlar kolayca yaralanabilen büyük organlardır. Gereksizlerse, küçültmek yoluyla yaralanmalardan kaçınabilirsiniz. Her iki durumda da, seçilim doğrudan uçmanın kayıbı ile sonuçlanacak şekilde, giderek daha küçük kanatlara yönelten mutasyonlar lehinde işleyecektir.

Peki, neden tamamen yok olmadılar? Bazı durumlarda neredeyse yok olmuşlardır, kiwilerin kanatları işlevsiz yumrulardır. Ancak kanatlar devekuşunda olduğu gibi yeni görevler üstlendiklerinde, uçmaya izin vermeyecek bir formda olsalar bile, doğal seçilim tarafından korunacaklardır. Diğer türlerde, kanatlar belki de yok olma sürecindedirler ve biz bunları bu sürecin tam ortasında görmekteyiz.

Körelmiş gözler de yaygındır. Toprak altında ve mağaralarda yaşayanları da kapsayan birçok hayvan, bütünüyle karanlıkta yaşarlar. Fakat biz bunların yerüstünde yaşayan ve işlevsel gözlere sahip türlerden türediklerini inşa edilen evrimsel ağaçlardan biliyoruz. Kanatlar gibi gözlere de ihtiyacınız yoksa size bir yüktürler. Oluşumları için enerji gerekir ve kolayca yaralanabilirler. Öyle ise görmenin imkânsız olduğu karanlıkta, yok oluşları lehindeki her bir mutasyon açıkça avantajlı olmalıdır. Alternatif olarak, görmeyi azaltan mutasyonlar, eğer hayvana yardımcı olmuyor veya zarar vermiyorlarsa, doğal olarak zaman içinde birikeceklerdir.

Tam böylesi bir göz kaybı Doğu Akdeniz körsıçanlarının (*Spalax*) atasında ortaya çıkmıştır. Bu, küçücük ağzı ile kürk kaplı bir salama benzeyen uzun, küt bacaklı silindirik bir kemirgendir. Bu yaratık hayatının tamamını yeraltında geçirir. Yine de halen körelmiş bir göze sahiptir: Sadece bir

milimetre çapında ve tamamen koruyucu bir deri tabakası altında saklı küçücük bir organ. Bu kalıntı göz bir görüntü oluşturamaz. Moleküler kanıtlar bize körsıçanların, 25 milyon yıl kadar önce gören kemirgenlerden evrimleştiğini söylemektedir ve kalıntı gözleri bu atalığı doğrulamaktadır. Fakat bu kalıntı halen neden korunmuştur? Yakın zamanda yapılan çalışmalar düşük ışık düzeyine duyarlı bir fotopigment içerdiklerini ve hayvanın günlük hareket ritmini düzenlemesine yardım ettiğini göstermektedir. Yeraltına geçen küçük ışık miktarı tarafından tetiklenen bu artık işlev, kalıntı gözlerin sürekliliğini açıklayabililir.

Kemirgen değil böcek yiyici (insektivor) olan gerçek köstebekler sadece kafasındaki kürkü bir tarafa iterek görebileceğiniz, deri kaplı kalıntı bir organ olarak kalan, bağımsız olarak yitirdikleri gözlere sahiptirler. Benzer biçimde bazı yeraltı yılanlarında gözler bütünüyle pullar altına gizlenmiştir. Birçok mağara hayvanı da küçülmüş ya da kaybolmuş gözlere sahiptir. Bunlar balıklar (bir hayvan dükkânından satın alabileceğiniz kör mağara balığı gibi), örümcekler, semenderler, kabuklular ve kınkanatlıları içerir. Artık ucunda göz bulunmayan göz saplarına sahip bir kör mağara kereviti bile vardır!

Balinalar körelmiş organların sahipsiz hazineleridirler. Birçok yaşayan tür, bir önceki bölümde gördüğümüz gibi, dört bacaklı karasal atalarına şahitlik eden şekilde, körelmiş bir pelvis ve bacak kemiklerine sahiptirler. Eğer bir müzede tam bir balina iskeletini incelerseniz, çoğunlukla bir tel ile asılmış, iskeletin geri kısmından sarkan küçücük bir arka bacak ve pelvik kemikleri göreceksiniz. Bu, yaşayan balinalarda kemiklerin geri kalan kısmına bağlı olmayıp sadece doku içinde gömülü olmaları nedeniyledir. Bir zamanlar iskeletin bir parçasıydılar. Fakat artık ihtiyaç duyulmadığından küçüldüler ve serbest hale geldiler. Hayvanlardaki körelmiş organlar listesi büyük bir kataloğu doldurabilir. Gençliğinde çok istekli bir kınkanatlı koleksiyoncusu olan Darwin'in kendisi, bazı uçamayan kınkanatlıların kaynaşmış kanat kılıfları (kın kanatlı "kabuğu") altında, kalıntı kanatlar bulunduğuna işaret etmiştir.

Biz insanlar evrimleştiğimizi kanıtlayan birçok körelmiş özelliğe sahibiz. En ünlü olanı apandistir. Tıbben vermiform ("kurtçuk benzeri") olarak bilinen apandis, çekum veya kör bağırsağın sonunda ince, kurşunkalem boyutunda silindirik bir dokudan oluşur, ince ve kalın bağırsaklarımızın birleştiği yerde bulunur. Birçok körelmiş özellik gibi, büyüklüğü ve

gelişim derecesi oldukça çeşitlidir. İnsanlarda büyüklüğü birkaç santim ile 30 santim arasında değişir. Az sayıda insan da ise doğuştan yoktur.

Koala, tavşan ve kanguru gibi otçul hayvanlarda çekum ve apandis ucu bizimkinden çok büyüktür. Lemurlar, lorisler ve örümcek maymunları gibi gerçek yaprak yiyen primatlarda da böyledir. Büyük kör barsak hayvanın selülozu kullanılabilir şekerlere yıkılmasına yardımcı olan bakterileri içeren bir mayalama kabı olarak hizmet görür. Orangutanlar ve makaklar gibi diyeti çok az yaprak içeren primatlarda çekum ve apandis küçülmüştür. Yaprak yemeyen ve selüloz sindiremeyen insanlarda apandis neredeyse yok olmuştur. Açık biçimde, hayvan ne kadar az otçulsa, çekum ve apandis o derece küçüktür. Diğer bir deyişle, apandisimiz aslında yaprak-yiyen atalarımızda kritik öneme sahip bir organın kalıntısıdır; fakat artık bizim için hiçbir önemi yoktur.

Apandisin bize hiçbir yararı var mıdır? Varsa bile, bu açık değildir. Alınması herhangi bir kötü yan etki oluşturmamakta veya ölüm oranını arttırmamaktadır (aslında aldırılmasının kolit olma sıklığını *azalttığı* görülmektedir). *Omurgalı Vücudu (The Vertebrate Body)* adlı ünlü kitabında apandisi ele alan paleontolog Alfred Romer esprili bir şekilde şu tespitte bulundu: "En önemli faydası cerrahlık mesleği için mali destek olarak görülebilir." Ancak adil olmak gerekirse, bazı küçük faydaları olabilir. Apandis bağırsak sisteminin bir parçası olarak işlev görebilen doku adaları içerir. Ayrıca bir enfeksiyonun yararlı barsak bakterilerini sindirim sistemimizden süpürmesi durumunda, bunlar için bir sığınak oluşturduğu da ileri sürülmüştür.

Fakat bu küçük yararları şüphesiz apandisin yarattığı ciddi problemler yanında önemsizdir. Dar olmaları nedeniyle kolayca tıkanmalara, bu da apandisit olarak bilinen mikroplanma ve iltihaplanmaya yol açar. Eğer tedavi edilmezse, yırtılan bir apandis sizi öldürebilir. Yaşamınız süresince apandisit olma olasılığınız on beşte birdir. Neyse ki, cerrahinin yakın zaman evrimsel uygulamaları sayesinde, apandisit olduğunuzda ölme olasılığınız sadece % 1 civarındadır. Ancak 19. yüzyılın sonlarında, doktorların iltihaplı bir apandisiti almaya başlamalarından önce ölüm oranı % 20'yi geçmekteydi. Başka bir deyişle, apandisitin cerrahi bir müdahale ile alınmadığı günlerden önce, % 1'den daha fazla kişi apandisitten ölmekteydi. Bu oldukça güçlü bir doğal seçilimdir.

İnsan evriminin çoğu süresi boyunca (% 99'dan fazlası) cerrahi müdahale yoktu ve biz karnımızda her an patlamaya hazır bir saatli bomba ile

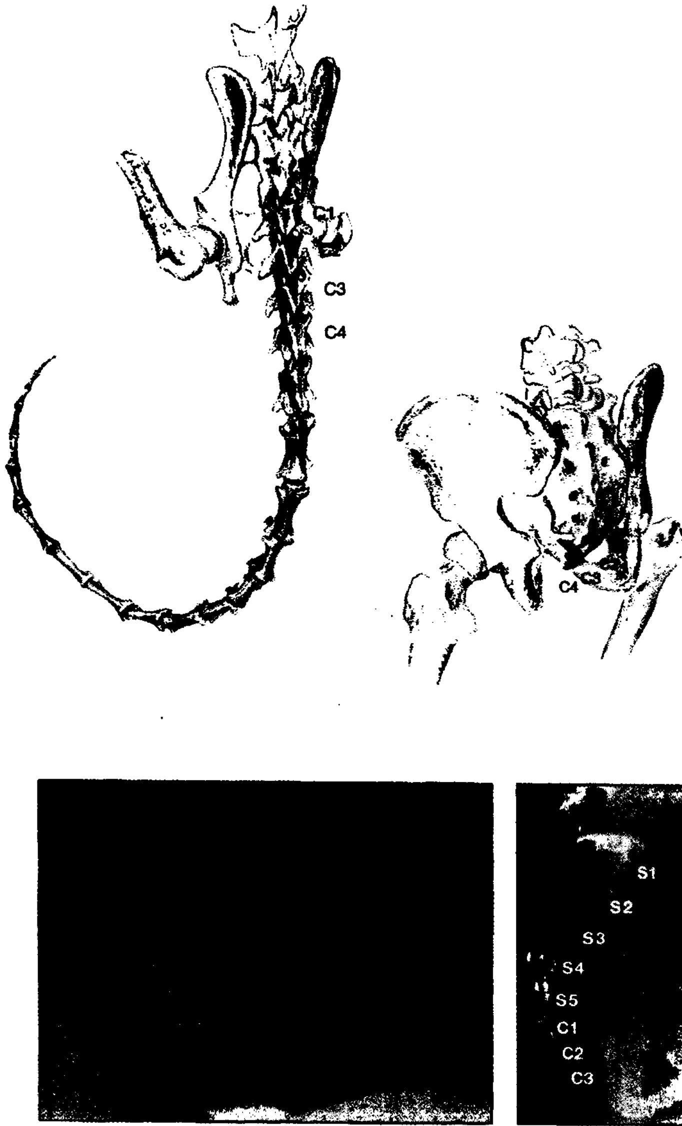
yaşıyorduk. Apandisin önemsiz avantajları ile önemli dezavantajlarını karşılaştırıldığımızda, toplam olarak bir apandise sahip olmanın kötü bir şey olduğu açıktır. Ancak iyi veya kötü olması bir yana, esas olarak evrimleştiği işlevi yerine getiremediği için artık körelmiş bir organdır.

Peki, neden halen bir apandise sahibiz? Cevabı henüz bilmiyoruz. Belki de gerçekten yok olmaya doğru gidiyordu ve cerrahi adeta apandisitli kişilere karşı işleyen seçilimi bertaraf etti. Diğer bir olasılık ise artık apandisin daha fazla zararlı olmadan doğal seçilim tarafından köreltilememesidir. Daha küçük bir apandisin tıkanması daha yüksek bir olasılıktır. Belki de bu bütünüyle yok oluşuna evrimsel bir yol engelidir.

Vücudumuz diğer primat ataların kalıntıları ile doludur. Kuyruk sokumu veya pelvis kemiğimize asılı birkaç kaynaşmış omurdan oluşan omurgamızın üçken şekilli ucu şeklinde kalıntı bir kuyruğa sahibiz. Bu kemik atalarımızın uzun, kullanışlı kuyruklarının kalıntısıdır (Şekil 14). Hâlâ bir işlevi vardır (bazı kullanışlı kaslar bağlanır), ancak körelmiş olduğunu kullanışlılığı ile değil fakat artık esas olarak evrimleşmiş olduğu işlevini yerine getirememesi olarak tanımladığımızı hatırlayınız. Söylenene göre, bazı insanlar maymunlar ve diğer memelilerin kuyruklarını hareket ettirmek için sahip oldukları kuyruk kasının ("kuyruk sokumu ekstensörü") aynısına bir kalıntı olarak sahiptirler. Kas kuyruk sokumuna bağlıdır, ancak kemikler hareket edemediğinden, kas da işlevsizdir. Sizde de bir tane olabilir ve siz bunun farkında bile olmayabilirsiniz.

Diğer körelmiş kaslar kışın veya bir korku filminde belirgin hale gelirler. Bunlar *arrector pili* adı verilen her bir vücut kılımızın tabanına bağlı küçük kaslardır. Kasıldıklarında, kıllar dikleşerek bize "kaz şişinmesi" (kabarmış bir kaz derisine benzediği için böyle adlandırılmıştır) görüntüsü verirler. Kaz şişinmesi ve bunu yapan kaslar, en azından insanlarda, yararlı bir işleve sahip değillerdir. Ancak diğer memelilerde, soğukta yalıtım için kürkü dikleştirirler ve hayvan tehdit edeceği zaman veya tehdit altında olduğunda büyük görünmesini sağlarlar. Üşüdüğünde veya kızgın olduğunda kürkü çalı gibi kabarmış bir kedi düşünün. Bizim kalıntı kaz şişinmemiz de tıpkı aynı uyaranlar, yani soğuk veya adrenalin salınımı tarafından oluşturulur.

Son bir örnek. Eğer kulaklarınızı oynatabiliyorsanız, siz evrimi ispat ediyorsunuz demektir. Kafa derimizin altında kulaklarımıza bağlı üç kas vardır.



ŞEKİL 14. Körelmiş ve atavistik kuyruklar. Üst sol: Yakalı lemur (*Varecia variegates*) gibi kuyruğu olan akrabalarımızda kuyruk (caudal) omurları kaynaşmamıştır (ilk dördü C1–C4 olarak etiketlenmiştir). Fakat insan "kuyruğu" veya kuyruk sokumunda (üst sağ), kuyruk omurları körelmiş bir yapı oluştuacak şekilde kaynaşmıştır. Altta: Üç aylık İsrailli bir bebekte atavistik kuyruk. Kuyruk rötgeni (sağda) üç kuyruk omurunun oldukça büyük ve normalden daha çok geliştiklerini, kaynaşmadıklarını ve sakral omurların (S1-S5) büyüklüğüne eriştiğini göstermektedir. Bu kuyruk daha sonra cerrahi müdahale ile alınmıştır.

Çoğu insanda bunlar kullanışsızdır, fakat bazı insanlar bunları kulaklarını oynatmak için kullanabilirler (ben şanslı olanlardan biriyim, her yıl evrim dersinde, öğrencilerin tiye almalarını göze alarak, bu üstün yeteneğimi sergilerim). Bunlar kediler ve atlar gibi diğer hayvanların seslerin yerini saptamalarına yardımcı olmak için kulaklarını hareket ettiren kasların aynısıdır. Bu türlerde kulakları hareket ettirmek yırtıcılarını algılamak, yavrularının yerini saptamak ve benzeri işlere yardımcı olur. Fakat insanda bu kaslar sadece eğlendirme işi için iyidirler[16].

Bu bölümü başlatan Theodosius Dobzhansky alıntısını yeniden yorumlarsak, körelmiş organlar sadece evrimin ışığı altında anlam kazanırlar. Bazen kullanışlı ancak çoğu zaman değillerdir; tam da bulmayı beklediğimiz biçimde, doğal seçilimin kullanışsız özellikleri adım adım elediği veya daha uyumsal olan yenilerini yeniden biçimlendirdiği şekildedirler. Küçücük işlevsiz kanatlar, tehlikeli bir apandis, göremeyen gözler ve gülünç kulak kasları, eğer türlerin özel olarak yaratıldıklarını düşünüyorsanız, düpedüz anlamsızdırlar.

Atavizm

Bazen bir birey atasal bir özelliğin yeniden ortaya çıkışına benzeyen bir anomali ile doğar. Bir at fazladan bir tırnakla, bir insan bebeği bir kuyrukla doğabilir. Atasal özelliklerin kalıntılarının böyle nadiren ifade edilmesine, Latincede *atavus* veya "ata" kelimesinden köken alan *atavizm* (atacılık) adı verilir. Her bireyde bulunmayıp sadece nadiren ortaya çıktıklarından körelmiş organlardan farklıdırlar.

Gerçek atavizmler bir atasal özelliği, neredeyse aynı biçimde ortaya koymalıdırlar. Kesinlikle hilkat garibesi değillerdir. Örneğin, atalarımızdan hiçbiri beş bacaklı olmadığı için bir insanın fazladan bir bacakla doğması bir atavizm değildir. En ünlü gerçek atavizmler muhtemelen balina bacaklarıdır. Bazı balina türlerinin körelmiş pelvis ve arka bacak kemiklerini koruduklarını zaten öğrenmiştik; fakat yaklaşık 500 balinadan biri fiilen vücut duvarının dışına çıkan bir arka bacak ile doğar. Bu bacaklar, birçoğu açık biçimde karasal memelilerin temel kemiklerini yani femur, tibia ve fibulayı kapsayacak şekilde, gelişimin tüm derecelerini gösterirler. Bazılarında ayak ve tırnaklar bile vardır!

Neden durup dururken bunun gibi atavizmler ortaya çıkmaktadır? En iyi hipotezimiz bunların atalarında işlevsel olan fakat artık ihtiyaç olmadığı için doğal seçilim tarafından susturulan genlerin yeniden ifadesi ile ortaya çıktıklarıdır. Halen, bu uyuyan genler bazen gelişim sırasında bir şeyler ters gittiğinde yeniden-uyandırılabilmektedir. Balinalar hâlâ her şeye rağmen mükemmel olmayan bacaklar olsalar da, bacak yapmak için bazı genetik bilgiye (genomda milyonlarca yıl boyunca kullanılmadan durduğu için azalmış olan) sahiptirler. Bu bilgi oradadır, çünkü balinalar dört bacaklı atalardan türemişlerdir. Mevcut balina pelvisi gibi, balina arka bacağı da evrim için kanıttır.

Daha küçük beş tırnaklı atlardan türemiş olan modern atlar benzer atavizmlere sahiptirler. Fosil kayıtlar zaman içinde kademeli olarak tırnakların kayıbını belgelenmektedir. Modern atlarda sadece ortada yer alan toynak korunmuştur. At embriyolarının gelişimlerine eşit oranda büyüyen üç tırnakla başladıkları görülür. Ancak daha sonra orta tırnak, doğumda bacağın her iki tarafında birer "kıymık kemik" olarak kalan diğer ikisinden daha hızlı büyümeye başlar (Kıymık kemikler gerçek körelmiş özelliklerdir ve iltihaplandıklarında atlar nasır ayak denilen bir hastalık geçirirler). Ancak nadir durumlarda, fazladan parmaklar tam bir toynakla birlikte, gerçek birere tırnak oluncaya kadar gelişimlerine devam ederler. Çoğunlukla bu atavistik tırnaklar, at koşmuyorsa yere değmezler. Bu tam olarak eski at *Merychippus*'un 15 milyon yıl önce sahip olduğu toynağın benzeridir. Bir zamanlar fazladan tırnaklı atlar doğaüstü mucizeler olarak görüldüler: Julius Caesar ve Büyük İskender'in her ikisinin de böylesi atlara bindiği söylenir. Evet, bunlar açıkça eski atlar ile modern atlar arasında genetik akrabalığı göstermeleri nedeniyle mucizedirler–evrimin mucizeleri.

Kendi türümüzdeki en çarpıcı atavizm, yaygın olarak insan kuyruğu olarak bilinen "uzamış kuyruk sokumudur". Biraz sonra göreceğimiz gibi, insan embriyoları gelişimin erken döneminde balık benzeri büyük bir kuyruğa sahip olup, gelişimin yaklaşık yedinci haftasında kaybolmaya başlar (Kemik ve dokuları vücut tarafından tümüyle geri emilir). Ancak nadiren, bütünüyle gerilemez ve bebek omurganın ucunda bir kuyruk uzantısı ile doğar (Şekil 14). Bu kuyruklar aşırı derecede çeşitlidirler: Bazıları "yumuşak" ve kemiksiz iken, diğerleri omur içerirler–normalde kuyruk sokumu kemiğimizde kaynaşmış olan aynı omurları. Bazı kuyruklar birkaç santim, diğerleri neredeyse 30 santim kadardır. Sadece bir deri kıvrımı olmayıp,

kıl, kas, kan damarları ve sinirlere sahip olabilirler. Hatta bazıları kımıldayabilirler! Neyse ki bu şekilsiz çıkıntılar cerrahi müdahale ile kolayca uzaklaştırılırlar.

Bunun halen kuyruk yapmak için bir gelişimsel program taşımamızdan başka bir anlamı var mıdır? Gerçekten de, yakın zaman genetik çalışmaları, bizim fare gibi hayvanlarda kuyruk yapan genlerin tamamen aynılarına sahip olduğumuzu göstermektedir. Fakat bu genler normalde insan fetüsünde çalışmaz durumdadırlar. Öyle görünüyor ki, kuyruklar gerçek atavizmlerdir.

Bazı atavizmler laboratuvarda üretilebilir. Bunlardan en hayret verici olanı eşsiz bir örnek olan tavuk dişleridir. Connecticut Üniversitesi'nden E.J. Kollar ve C. Fisher, 1980'de, bir tavuk embriyosunun ağzını astarlayan dokuyu gelişen bir fareden alınan çene dokusunun üzerine aşılayarak, iki türün dokusunu birleştirdiler. Hayret verici bir şekilde, tavuk dokusu sonunda, bazıları belirgin kök ve taçlara sahip diş benzeri yapılar oluşturdu. Alttaki fare dokusu tek başına diş oluşturamayacağı için, Kollar ve Fisher fare moleküllerinin, tavukta diş yapmaya yarayan uyuyan gelişimsel programı yeniden uyandırdığı sonucuna vardılar. Bunun anlamı tavukların diş yapmak için doğru genlere sahip, fakat fare dokusunun sağladığı bir kıvılcımdan yoksun olduklarıydı. Yirmi yıl sonra, bilim insanları moleküler biyolojiyi çözdüler ve Kollar ile Fisher'in önerisinin doğru olduğunu gösterdiler. Kuşlar gerçekten de diş oluşturmak için gerekli genetik donanıma sahiptirler, fakat tek bir kritik proteinin yokluğundan dolayı diş yapamazlar. Bu protein sağlandığında, gagada diş benzeri yapılar oluşur. Kuşların dişli sürüngenlerden evrimleştiklerini hatırlayacaksınız. Bu dişlerini 60 milyon yıldan daha önce kaybettiler, fakat açıkça halen onları yapabilecek bazı genleri taşımaktadırlar–sürüngen atalarının kalıntıları olan genleri.

Ölü Genler

ATAVİZMLER VE KÖRELMİŞ ÖZELLİKLER, bir özelliğin artık kullanılmaması veya indirgenmesi durumunda, bunu yapan genlerin genomdan hemen yok olmadıklarını göstermektedir. Evrim bu genleri DNA'dan kırparak değil, eylemlerini etkisizleştirerek durdurur. Buradan bir öngörüde bula-

nabiliriz. Birçok türün genomunda suskun veya "ölü" yani bir zamanlar kullanışlı olan fakat artık bozulmuş veya ifadesiz genler bulunmasını bekleriz. Diğer bir deyişle körelmiş genler olmalıdır. Bunun aksine, tüm türlerin sıfırdan yaratıldıkları düşüncesi bu genlerin aktif olduğu ortak atalar olamayacağı için, böylesi genlerin var olamayacağını öngörür.

Otuz yıl kadar önce DNA şifresini okumak mümkün olmadığı için bu öngörüyü sınayamazdık. Ancak günümüzde, insanı da içeren türlerin tam genomlarını dizileme oldukça kolaydır ve birçok tür için bu yapılmıştır. Bu bize bir genin normal işlevinin bir protein (amino asit dizisi DNA'yı meydana getiren nükleotid tabanları dizisince belirlenen bir protein) yapmak olduğunu bildiğimizde, evrim çalışmaları için elzem bir araç sunar. Bir kez incelenen bir genin DNA dizisine sahip olduğumuzda genellikle, ya normal şekilde ifade edildiğini, yani işlevsel bir protein yaptığını ya da suskun olduğu ve hiçbir şey yapmadığını söyleyebiliriz. Örneğin, mutasyonların geni değiştirdiklerini ve bu durumda artık kullanışlı bir proteinin yapılamadığını veya bir genin açılmasından sorumlu "kontrol" bölgesini etkisizleştirdiğini görebiliriz. İşlevsiz olan böylesi genlere *yalancı gen* (pseudogen) adı verilir.

Evet, yalancı genler bulacağımız evrimsel öngörü yeterince doğrulanmıştır. Gerçekte, her tür, birçoğu halen akrabalarında etkin olan ölü genler taşırlar. Bu aynı zamanda bu genlerin ortak bir atada aktif olduklarını, bazı altsoylarda ortadan kalktıklarını fakat diğerlerinde işlevsel olduklarını gösterir[17]. Örneğin biz insanların taşıdığı yaklaşık 30 bin (son çalışmalara göre 23 bin kadar Ç.N.) genden 2 binden fazlası yalancı genlerdir. Bizim genomumuz ve keza diğer türlerin genomları açıkça ölü genlerin mezarlarıyla doludur.

En ünlü insan yalancı geni, diğer türlerde L-gulono-γ-lakton oksidaz adlı bir enzim ürettiği için buna atfen *GLO* olarak adlandırılan gendir. Bu enzim basit bir şeker olan glikozdan C vitamini (askorbik asit) yapmada kullanılır. C vitamini sağlıklı bir metabolizma için elzemdir ve neredeyse tüm memeliler (primatlar, meyve yiyen yarasalar ve Gine domuzu=kobay hariç) bu vitamini yapacak yolaklara sahiptirler (Yolak: Canlı sistemlerde bir metabolik yol veya kimyasal bir reaksiyon zinciri. Ç.N.). Bu türler ise C vitaminini doğrudan besinlerinden karşılarlar ve normal bir diyette genellikle yeteri kadar bulunur. Eğer yeteri kadar C vitamin almaz isek hastalanırız. İskorbüt meyve yoksunu 19. yüzyıl denizcileri arasında yay-

gın bir hastalıktı. Primatlar ve diğer birçok memelinin kendilerinin C vitamini yapmamalarının nedeni ihtiyaç duymadıkları içindir. Yine de, DNA dizileri bize primatların halen bu vitamini yapmakta ihtiyaç duyulan genetik bilginin çoğunu taşıdığını göstermektedir. Glikozdan C vitamin sentezleme yolağı, her biri bir gen ürünü tarafından yürütülen, dört basamaklı bir dizin izlemektedir. Primatlar ve Gine domuzları halen ilk üç adım için aktif genlere sahiptirler fakat GLO enzimi gerektiren son basamak bulunmaz. Çünkü *GLO* bir mutasyon tarafından etkisizleştirilmiştir ve *ψGLO* olarak adlandırılan (*ψ* Yunanca bir harf olan psi olup "pseudo" anlamına gelir) bir yalancı gene dönüşmüştür. *ψ*GLO, geninin DNA dizisinde tek bir nükleotid yitirildiği için çalışmaz ve bu tıpkı diğer primatlarda yitirilen nükleotidin aynısıdır. Bu durum C vitamini yapma yetimizi ortadan kaldıran mutasyonun bütün primatların atasında bulunduğunu ve altsoylarına geçtiğini göstermektedir. Gine domuzunda *GLO* geninin aktif olmayışına farklı mutasyonlar neden olduğundan, bağımsız olarak gerçekleşmiştir. Meyve yiyen yarasalar, Gine domuzu ve primatlar diyetlerinden bol miktarlarda C vitamini sağladıkları için, vitamini yapan yolağın kapanması nedeniyle ceza çekmemeleri oldukça yüksek olasılıktır. Bu maliyetli olabilecek bir proteinin üretimini elediği için yararlı olmuş bile olabilir.

Bir türdeki ölü bir genin o türün akrabalarında aktif olması evrim için kanıttır, fakat daha fazlası da vardır. Yaşayan primatlarda *ψ*GLO genine baktığınızda, dizilerinin daha uzak araba olanlara göre yakın akraba türler arasında daha benzer olduğunu bulursunuz. Örneğin insan ve şempanzenin *ψ*GLO dizileri birbirlerine oldukça benzerdir fakat daha uzak akrabaları olan orangutanın *ψ*GLO dizilerinden daha farklıdırlar. Daha da fazlası, Gine domuzunun *ψ*GLO dizileri tüm primatlarınkinden oldukça farklıdır.

Bu olguları sadece evrim ve ortak ata ilişkisi açıklayabilir. Bütün memeliler işlevsel bir *GLO* geni kopyasını kalıtlarlar. Yaklaşık 40 milyon yıl önce, bütün primatların ortak atasında, artık ihtiyaç duyulmayan bir gen bir mutasyonla etkisizleştirilmiştir. Bütün primatlar aynı mutasyonu kalıtımla almışlardır. *GLO*'nun susmasından sonra, artık ifade edilmeyen gende başka mutasyonlar meydana gelmeye devam etti. Bu mutasyonlar zaman içinde birikti (eğer zaten ölü olan genlerde açığa çıkıyorlarsa zarar-

sızdırlar) ve daha sonra türeyen türlere geçtiler. Yakın akrabalar daha yakın zamanda bir ortak atayı paylaştıklarından ve zaman-bağımlı bir yolda değişen genler bir ortak atalık örüntüsü izlediklerinden, DNA dizilerinin yakın akrabalar arasında uzak olanlara göre daha benzer olmasına yol açar. Bu, genin ölü olup olmamasına bağlı olmaksızın açığa çıkar. Gine domuzunda ψGLO dizisi, zaten primatlardan ayrılmış olan bir soy hattında, bağımsız olarak etkisizleşmiş olduğu için oldukça farklıdır. ψGLO böylesi bir örüntü göstermekte tek örnek değildir, birçok böylesi diğer yalancı gen vardır.

Fakat eğer primatlar ve Gine domuzlarının ayrı yaratıldıklarına inanıyorsanız bu olgular anlamsızdır. Neden bir yaratıcı tüm bu türlerde C vitamini yapacak bir yolak oluştursun ve daha sonra etkisizleştirsin? Tüm yolağı en başta oluşturmamak doğal olarak daha kolay olmayacak mıdır? Neden tüm primatlarda aynı etkinsizleştiren mutasyon bulunsun ve Gine domuzlarındaki mutasyondan farklı olsun? Neden ölü genin dizisi tıpkı bu türlerin bilinen atalarından tahmin edilen benzerlik örüntüsünü yansıtsın? Neden insanlar peşinen binlerce yalancı gene sahip olsunlar?

Ayrıca diğer türlerden, tam adını söylersek virüslerden, gelen ölü genler de taşımaktayız. "Endojenöz retrovirüsler" olarak adlandırılan bazı virüsler, kendi genomlarının kopyalarını yapar ve enfekte ettikleri türlerin DNA'sına sokabilirler (HIV bir retrovirüstür). Eğer virüs sperm ve yumurta yapan hücreleri enfekte ederse, gelecek nesillere geçebilir. İnsan genomu, neredeyse tümü mutasyonlarca zararsız hale getirilmiş, binlerce böylesi virüs içermektedir. Bunlar eski enfeksiyonların kalıntılarıdırlar. Fakat bu kalıntılardan bazıları insan ve şempanze kromozomları üzerinde tamamen aynı yerde bulunurlar. Bunlar şüphesiz ortak atamızı enfekte eden ve her iki altsoyuna geçmiş olan virüslerdir. Virüslerin kendilerini bağımsız bir şekilde iki türde bütünüyle aynı noktaya yerleştirmeleri neredeyse imkânsız olduğu için, bu güçlü bir biçimde ortak atalığa işaret etmektedir.

Ölü genlerle ilgili diğer bir şaşırtıcı hikâye koku duyumuz üzerinedir. Daha doğrusu kara hayvanları arasında gerçek anlamda zayıf olan koku duyusu nedeniyle kötü bir koklayıcı olan insanların koku duyusu üzerinedir. Buna rağmen, halen 10 binden fazla farklı kokuyu tanıyabilmekteyiz. Bunun üstesinden nasıl gelebilmekteyiz? Yakın zamana kadar, bu tam bir gizemdi. Cevap DNA'mızdaki birçok koku reseptörü (olfactory receptor ya da OR) genlerimizde yatmaktadır.

OR hikâyesi, bu başarılarından dolayı 2004'te Nobel Ödülü alan Linda Buck ve Richard Alex tarafından çözülmüştür. Çok iyi bir koklayıcı olan farede OR genlerine bakalım.

Fareler sadece besin bulmak, avcılarından kaçınmak için değil, ayrıca birbirlerinin feromonlarını tanımak için de güçlü biçimde koku duyularına muhtaçtırlar. Bir farenin duyu dünyası, görmenin kokudan çok daha önemli olduğu bizim dünyamızdan büyük ölçüde farklıdır. Fareler yaklaşık bin kadar OR genine sahiptir. Hepsi, milyonlarca yıl önce ortaya çıkmış tek bir atasal genden türemiş ve her birinin diğerinden biraz farklı olmasına yol açan çok sayıda duplikasyon geçirmiştir. Her biri havadaki farklı bir molekülü tanıyan farklı bir protein (bir "koku reseptörü") üretir. Her OR proteini burunu astarlayan dokudaki farklı tipteki bir reseptör hücresinde ifade edilir. Farklı kokular farklı moleküllerin bir bileşimini içerir ve her bir bileşim farklı bir hücre grubunu uyarır. Hücreler, farklı sinyalleri birleştiren ve çözen, beyine sinyaller gönderirler. Farelerin kedilerin kokusunu peynirin kokusundan ayırabilmesi böyle gerçekleşir. Fareler (ve diğer memeliler), çeşitli sinyalleri *birleştirerek* sahip oldukları OR genlerinden çok daha fazla kokuyu tanıyabilirler.

Farklı kokuları tanıyabilme yeteneği yaralıdır. Size akrabanızı akraba olmayandan ayırmayı, bir eş bulmayı, besinin yerini saptamayı, avcılarınızı tanımayı ve kimin yaşam alanınızı işgal ettiğini görmenizi sağlar. Hayatta kalma avantajları olağanüstüdür. Doğal seçilim bunları nasıl işlemiştir? İlk önce, atasal bir gen birkaç kez duplike olmuştur. Böylesi duplikasyonlar hücre bölünmesi sırasında zamanı zaman kazara açığa çıkarlar. Kademeli olarak, duplike kopyalar her biri farklı bir koku molekülünü bağlayacak şekilde, birbirlerinden farklılaşmışlardır. Bin OR geninin her biri için farklı bir hücre tipi evrimleşmiştir. Aynı zamanda beyin, farklı kokuların duyusunu oluşturmak üzere çeşitli tipteki hücrelerden gelen sinyalleri kombine etmek için yeni iletim hatları oluşturmuştur. Bu gerçek anlamda evrimin, sadece kokuları ayırmanın hayatta kalma değeri tarafından tetiklenen, evrimin olağanüstü bir başarısıdır.

Bizim kendi koku duyumuz hiçbir biçimde farelerdekinin yanına bile yaklaşamaz. Nedenlerden biri daha az OR geni (sadece 400 kadar) ifade edişimizdir. Fakat halen, neredeyse toplam genomumuzun % 3'üne karşılık gelen 800 kadar OR geni taşımaktayız. Bunların yarısı, mutasyonlarca kalıcı şekilde etkinsizleştirilmiş, tam olarak yalancı genlerdir. Aynı şey di-

ğer çoğu primat için geçerlidir. Bu nasıl oldu? Muhtemelen gündüz aktif olan biz primatlar, kokudan çok görmeye bel bağlarız ve bu yüzden de birçok kokuyu birbirinden ayırt etmeye ihtiyacımız yoktur. Gereksinim duyulmayan genler en sonunda mutasyonlarca ortadan kaldırılır. Tahmin edileceği gibi, renkli gören primatlar ortamı daha iyi ayırt edebildikleri için, daha fazla ölü OR genine sahiptirler.

Eğer, hem aktif hem de aktif olmayan, insan OR genleri dizilerine bakarsanız, en fazla diğer primatlarınkine, daha az platypus (gagalı memeli olarak bilinir) gibi "ilkel" memelilerinkine ve çok daha az ise sürüngenler gibi uzak akrabalarımızın OR genlerine benzediklerini görürsünüz. Eğer bu evrim değilse, neden ölü genler böylesi bir ilişki gösteriyor olsunlar? Çok fazla sayıda aktif olmayan gene ev sahipliği yapıyor olmamız gerçeği, evrim için daha fazla kanıt anlamına gelir. Uzak atalarımız hayatta kalabilmek için iyi bir koku duyusuna ihtiyaç duyduklarından biz bu genetik bagajı taşımaktayız.

Ancak evrimin ya da geriye-evrimin en dikkat çekici örneği yunusların OR genleridir. Yunuslar, hayatlarını su altında sürdürdükleri için havadaki uçucu kokuyu algılamaya ihtiyaç duymazlar ve sudaki kimyasalları saptamak için tamamen farklı gen takımlarına sahiptirler. Tahmin edileceği gibi, yunusların OR genleri aktif değildir. Gerçekten de, *genlerinin yüzde 80'i etkinsizleşmiştir.* Yüzlercesi halen yunus genomunda, evrimin suskun tanıkları olarak sessizce oturmaktadır. Eğer yunusların bu ölü genlerinin DNA dizilerine bakarsanız, bunların kara memelilerinkine benzediğini göreceksiniz. Bu yunusların kara memelilerinden evrimleştiklerinin ve suya geçtiklerinde OR genlerinin yararsız hale geldiklerini kabul edersek bir anlam taşır.[18] Yok eğer yunuslar ayrı olarak yaratılmışlarsa bir anlam taşımaz.

Körelmiş genler körelmiş yapılar ile el ele yürüyebilirler. Biz memeliler yumurtlayan sürüngen atalardan evrimleştik. "Monotremler" (Avustralya kirpi-dikenli karıncayiyen ve ördek-gagalı platypusu içine alan bir memeli takımı) dışında memeliler yumurtlamaktan vazgeçti ve ana bir besin deposu sağlamak yerine, yavrularını doğrudan plasenta aracılığıyla beslemeye başladı. Yine de memeliler, sürüngen ve kuşlar yumurta sarısını oluşturan besleyici bir protein olan vitellojenin üreten üç gen taşırlar. Fakat neredeyse bütün memelilerde, mutasyonlarca tamamen etkinsizleştirilmiş ölü genlerdir. Sadece yumurtlayan monotremlerde biri aktif ikisi ölü gen olup, ha-

len vitellojenin üretirler. Daha da ilginç olan, bizim gibi memeliler halen yumurta kesesi oluşturmalarıdır. Fakat bu kese körelmiş ve yumurta sarısı yoktur. Fetüs sindirim sistemine bağlı sıvı dolu büyük bir balon şeklindedir (Şekil 15). Kese insan hamileliğinin ikinci ayında, embriyodan ayrılır.

Ördek gibi gagası, yağdan kuyruğu, erkeklerin arka bacaklarında yer alan ucu zehirli mahmuzları ve dişisinin yumurtalama yeteneği ile Avustralya platypusu birçok açıdan tuhaftır. Eğer akıllı *olmayan* şekilde tasarlanmış, belki de bir yaratıcının sırf zevk için planladığı bir yaratık arıyorsanız bu canlı işte tam olarak odur. Fakat platypusun bir tuhaf özelliği de bir mideden yoksun oluşudur. Sindirim enzimlerinin besinleri yıktığı



ŞEKİL 15. Normal ve körelmiş yumurta keseleri. Üsttekki resimler: Zebrabalığı *Danio rerio* embriyosunun, yumurta çatlamadan hemen önce, iki günlük yumurtalarından çıkarılmış olan dolu yumurta keseleri. Alttaki resimler: Yaklaşık altı haftalık bir insan embriyosunun boş kalıntı yumurta kesesi. Alt sağdaki insan embriyosu branşiyal yayları, arka üye tomurcuğu ve arka üyenin aşağısında "kuyruğu" göstermektedir.

kese benzeri bir mideye sahip olan neredeyse tüm omurgalılardan farklı olarak, platypusun "midesi" sadece yemek borusunun bağırsağa bağlandığı yerdeki hafif bir şişkinlikten ibarettir.

Bu mide diğer omurgalılarda sindirim enzimleri üreten bezlerden yoksundur. Evrimin neden mideyi ortadan kaldırdığından emin değiliz. Belki de platypusun diyetini oluşturan yumuşak böcekler fazla işlem gerektirmemektedir. Fakat platypusun mideli atalardan köken aldığını biliyoruz. Kanıtlarımızdan biri platypus genomunun sindirimle ilişkili enzimler için iki yalancı gen içermesidir. Artık ihtiyaç duyulmadığından, mutasyonlarca etkisiz kılınmışlardır; ancak halen bu ilginç yaratığın evrimine tanıklık etmektedirler.

Embriyolardaki Palimpsetler

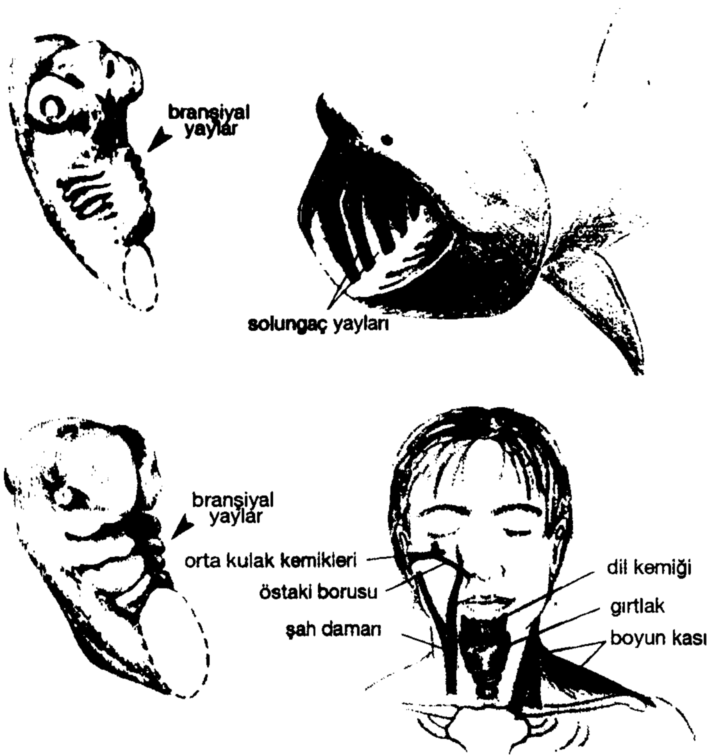
DARWİN'DEN ÇOK ÖNCELERİ, biyologlar embriyoloji (bir hayvan nasıl gelişir) ve karşılaştırmalı anatomi (farklı hayvanların yapılarındaki benzerlik ve farklılıklar) çalışmakla meşgullerdi. Çalışmaları, o dönemde anlam taşımayan birçok tuhaflığı ortaya çıkardı. Örneğin, bütün omurgalılar gelişimlerine daha çok bir balık embriyosuna benzer bir şekilde başlarlar. Gelişim ilerledikçe, farklı türler tuhaf bir şekilde değişmeye başlarlar. Başlangıçta tüm türlerin embriyolarında bulunan bazı kan damarları, sinirler ve organlar aniden kaybolurken, diğerleri garip katlanmalar ve göçlere maruz kalırlar. Nihayet, gelişim dansı balık, sürüngen, kuş, çiftyaşamlı ve memelilerin oldukça farklı yetişkin formları ile sonuçlanır. Bununla beraber, gelişim başladığında hepsi oldukça benzerdirler. Darwin, Alman embriyolog Karl Ernest von Baer'in omurgalı embriyolarının benzerliği nedeniyle nasıl şaşırdığı üzerine bir hikâye anlatır. Von Baer Darwin'e yazar:

> Adlarını eklemekten kaçındığım alkolde sakladığım iki küçük embriyom var ve şu anda hangi sınıfa dâhil olduklarını gerçekten de söyleyemiyorum. Bu hayvanlarda baş ve vücudun oluşum biçimi o kadar benzer ki, kertenkele veya küçük kuşlar veya oldukça genç memeliler olabilirler.

Bir kez daha, embriyoloji konusunda zamanının ders kitaplarını dolduran tamamen farklı olguları uzlaştıran kişi Darwin'di. Gelişimin şaşırtıcı özelliklerinin evrimin birleştirici düşüncesi altında aniden tam olarak anlamlı hale geldiğini gösterdi:

Embriyoloji, embriyoya az ya da çok bulanık, her büyük hayvan sınıfının ortak bir ata-formunun bir resim olarak baktığımızda, oldukça ilgi uyandırmaktadır.

Bütün omurgalıların şu balıksı fetüsü yani üyesiz ve balık benzeri bir kuyruğa sahip fetüs ile başlayalım. Muhtemelen en çarpıcı balık benzeri özellik, embriyonun her iki yanında müstakbel başa yakın yerleşmiş olan, oluklarla ayrılmış, sayıları 5 ile 7 arasında değişen bir seri kabartıdır. Bu kabartılar *branşiyal yaylar* olarak adlandırılır, fakat biz kısa olsun diye bundan böyle yay olarak adlandıracağız (Şekil 16). Her yay sinirler, kan damarları, kaslar ve kemik veya kıkırdağa gelişen dokular içerir.



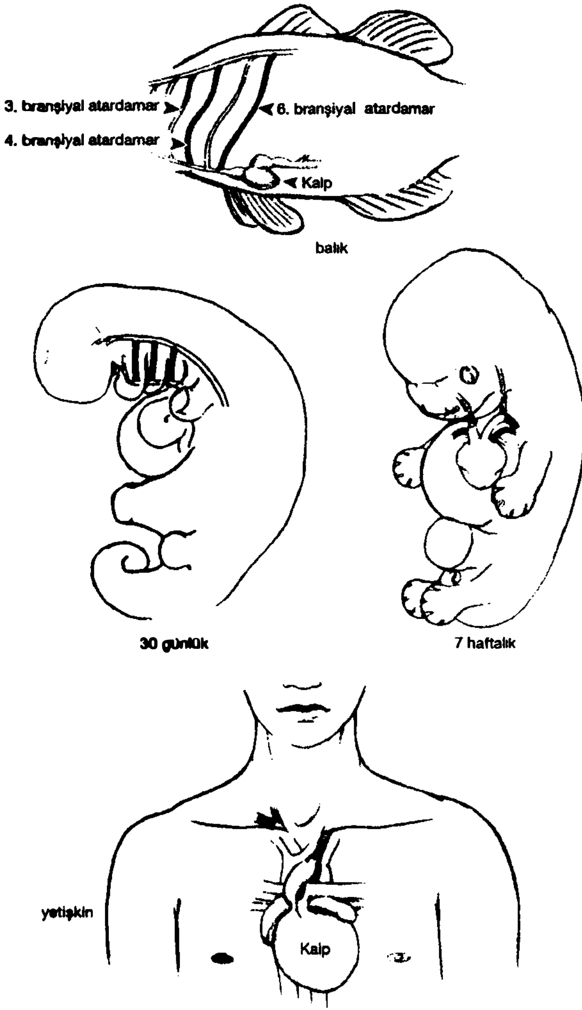
ŞEKİL 16. Bir köpekbalığı (üst sol) ve insan (alt sol) embriyosunda branşiyal yaylar. Köpekbalıkları ve balıklarda (üst sağda gösterilen dev köpekbalığı *Cetorhinus maximus*'ta olduğu gibi) bu yaylar doğrudan ergin solungaçlarına gelişirler; hâlbuki insan (ve diğer memelilerde) yetişkininde baş ve üst vücut bölgesinde çeşitli yapılara gelişirler.

Balık ve köpekbalığı embriyoları geliştikçe, ilk yay çeneye dönüşür ve geri kalanlar da solungaç yapılarını meydana getirir. Kabartılar arasındaki oluklar, solungaç yarıklarını oluşturmak üzere açılırlar ve kabartılar solungaçların hareketini kontrol eden sinirlere, sudan oksijen sağlayan kan damarlarına ve solungaç yapısını destekleyen kemik veya kıkırdak çubuklara gelişirler. O halde, balık ve köpekbalıklarında embriyo yaylarından solungaçların gelişimi az veya çok doğrudandır. Bu embriyo özellikleri, yetişkinin solunum cihazını oluşturmak için çok fazla değişmeden sadece büyürler.

Fakat yetişkinlerinde solungaç bulunmayan diğer omurgalılarda, bu yaylar oldukça farklı yapılara (başı meydana getiren yapılara) dönüşürler. Memelilerde, örneğin, ortakulağın üç küçük kemiğini, östaki kanalını, şahdamarını, bademcikleri, gırtlağı ve kafa sinirlerini oluştururlar. Bazen embriyo solungaç yarıkları insan embriyolarında kapanmayı başaramaz ve boğazında bir kese bulunan bir bebek oluşturur. Balıksı atalarımızın atavistik kalıntısı olan bu durum, cerrahi müdahale ile düzeltilebilir.

Kan damarlarımız özellikle ilginç değişimler geçirir. Köpekbalıkları ve balıklarda, damarların embriyo örüntüsü fazla değişime uğramadan erişkin sistemine gelişir. Fakat diğer omurgalılar geliştikçe, damarlar yer değiştirir ve bazıları kaybolur. Bizim gibi memelilerde başlangıçtaki altı damardan geriye sadece üçü kalır. Gerçekten tuhaf olan ise, gelişimimiz ilerledikçe, değişimler evrimsel bir sırayı anımsatır. Bizim balıksı dolaşım sistemimiz çiftyaşamlıların embriyosunda bulunana benzer hale gelir. Çiftyaşamlılarda bu embriyo damarları doğrudan yetişkinin damarlarına dönüşür, fakat bizde sürüngen embriyosundakine benzeyen bir dolaşım sistemine değişmeye devam ederler. Sürüngenlerde bu sistem, daha sonra doğrudan yetişkin sürüngenlerdeki sisteme gelişir. Fakat bizdeki şahdamarı, pulmoner ve dorsal damarlarla tamamlanan, gerçek bir memeli dolaşım sistemine dönüşecek şekilde birkaç dönüşüm daha geçirerek, daha fazla değişir (Şekil 17).

Bu örüntü birçok soru doğurmaktadır. İlki, neden en sonunda biri diğerinden oldukça farklı görünen, çeşitli omurgalıların hepsi gelişimlerine bir balık embriyosuna benzer şekilde başlamaktadırlar? Neden memeliler baş ve yüzlerini, balıkların solungaçları haline gelen tıpkı aynı embriyo yapılarından oluşturmaktadırlar? Neden omurgalı embriyoları dolaşım sisteminde böylesi bir çarpık değişim dizisinden geçmektedir? Neden insan embriyoları veya sürüngen embriyoları, gelişimlerine yetişkin dolaşım sistemlerinin zaten mevcut olduğu bir şekilde başlamak yerine, erken evrede gelişmiş olandan birçok değişim yapmaktadırlar?



ŞEKİL 17. İnsan embriyosunda kan damarları, balık embriyosondaki kan damarları gibi, her bir yanda, yani üst ve altta uzanan damarların paralel damarlarla bağlandıkları şekilde oluşur ("aort yayları"). Balıklarda, bu yan damarlar solungaçları oluşturur ve bunlara kan taşır. Embriyonik ve erişkin balık altı çift yaya sahiptir; bu bütün omurgalıların gelişimlerinin başlangıcında görülen temel plandır. İnsan embriyosonda, birinci, ikinci ve beşinci yaylar gelişimin başlangıcıda kısa bir süre oluşurlar, fakat embriyo dört haftalık iken üçüncü, dördüncü ve altıncı yaylar (farklı gri tonlarıyla taranmışlardır) oluştuğunda kaybolurlar. Yedinci haftaya gelindiğinde embriyonik yaylar kendilerini, daha çok bir sürüngenin embriyonik damarlarına benzer şekilde yeniden düzenlerler. Son yetişkin yapısında, damarlar birkez daha yeniden düzenlenirler ve bazıları kaybolurken, diğerleri farklı damarlara dönüşürler. Balıkların aort yayları böylesi bir dönüşüm geçirmezler.

Neden bizim gelişimsel sıramız atalarımızın sırasını taklit etmektedir? (balıktan çiftyaşamlılara, daha sonra sürüngenlere ve en sonunda memelilere)? Darwin'in *Türlerin Kökeni*'nde tartıştığı gibi, bu insan embriyolarının gelişimleri süresince başarılı bir şekilde uymak zorunda oldukları bir dizi ortam (önce balık benzeri, sonra sürüngen ve diğerleri) deneyimledikleri için değildir:

> Aynı sınıftan oldukça farklı hayvanların embriyolarının birbirine benzediği konusuna geldiğimizde, çoğunlukla bulundukları şartlarla doğrudan bir ilişkisi yoktur. Örneğin, omurgalı embriyolarında branşiyal yarıklara yakın garip ilmek benzeri damar yapısının benzer şartlarla– annesinin rahminden beslenen memeli yavrusu, yuvada açılan kuş yumurtası ve su altındaki kurbağa yumurtaları– ilişkili olduğunu var sayamayız.

Bir evrimsel dizinin "özetlenmesi ya da özevrimi (rekapitülasyon)" diğer organlarımızın, örneğin, böbreklerimizin, gelişimsel dizininde görülür. Gelişim sırasında, insan embriyosu gerçekten de, son böbreğimiz açığa çıkmadan önce ilk ikisinin atıldığı, bir biri ardına üç farklı tipte böbrek oluşturur. Bu geçici embriyo böbrekleri, fosil kayıtlarda bizden önce evrimleşmiş türlerde, sırasıyla çenesiz balıklar ve sürüngenlerde bulduklarımıza benzerler. Bu ne anlama gelmektedir?

Bu soruyu yüzeysel olarak aşağıdaki gibi yanıtlayabilirsiniz. Her omurgalı bir seri gelişimsel evreden geçer ve bu evrelerin sırası atalarının izlediği evrimsel sıraya denk gelir. Öyle ise, örneğin bir kertenkele gelişimine bir balık embriyosuna benzeyen şekilde başlar, daha sonra bir şekilde bir çiftyaşamlı embriyosu ve sonunda bir sürüngen embriyosuna dönüşür. Memeliler aynı evrelerden geçerler fakat son evreye bir memeli embriyosu eklenir.

Bu cevap doğrudur fakat sadece daha derin sorular doğurur. Neden çoğunlukla gelişim bu şekilde *açığa çıkar*? Neden doğal seçilim, bir insan embriyosu için gerekli gibi görünmediğine göre kuyruk, balıksı solungaç yayları ve dolaşım sisteminin bir takımını, insan gelişiminin "balık embriyosu" evresini ayıklamamıştır? Bazı 17. yüzyıl biyologlarının düşündüğü gibi neden biz gelişimimize basbayağı minik bir insan olarak başlamıyoruz ve neden doğana kadar giderek büyümüyoruz? Tüm bu dönüşüm ve yeniden düzenlemelere ne gerek var?

Muhtemel cevap (ve iyi bir cevaptır) bir tür diğer bir türe evrimleştiğinde, altsoyun gelişimsel programını, yani atasal yapıları oluşturan tüm genleri, atasından aldığını içindir. Ayrıca gelişim oldukça tutucu bir süreçtir. Gelişimin daha sonraki evrelerinde oluşan birçok yapı, erken evrede açığa çıkan özelliklerin biyokimyasal "işaretlerine" ihtiyaç duyar. Örneğin, gelişimin tam başından itibaren yeniden şekillendirmek yoluyla dolaşım sisteminin tamiri ile uğraşmaya çalışsaydınız, kemikler gibi değişmemesi gereken diğer yapıların oluşturulmasına, her türlü olumsuz yan etkiyi yapabilirdiniz. Bu zararlı yan etkilerden kaçınmak için, mevcut katı ve temel bir gelişimsel plan üzerinde, sadece bazı daha az esaslı değişimler yapmak genellikle daha kolaydır. Daha sonra *evrimleşmiş* şeylerin embriyodaki *gelişimlerini* daha sonra açığa çıkacak şekilde planlamak en iyisidir.

Bu "eskiye yeni şeyler ekleme" ilkesi neden gelişimsel değişim sırasının organizmaların evrimsel sırasını yansıttığını da açıklar. Bir grup bir diğerinden evrimleştiğinde, sıklıkla gelişimsel programını eski olanın üstüne ekler.

Bu ilkeyi saptayan Darwin'in çağdaşı ve evrimci bir Alman olan Ernest Haeckel, 1866'da en iyi şekilde "Ontojeni filogeninin özevrimidir" olarak kısaltılan bir "biyogenetik yasa" formüle etti. Bu açıkça bir organizmanın gelişiminin evrimsel tarihini tekrarladığı anlamına gelir. Fakat bu düşünce sadece sınırlı anlamda doğrudur. Haeckel'in ileri sürdüğü gibi, embriyo evreleri atalarının ergin formlarına değil, atalarının embriyo formlarına benzerler. Örneğin, insan fetüsleri hiçbir zaman bir ergin balık veya sürüngene benzemezler; fakat belli açılardan balık ve sürüngen embriyolarına benzerler. Ayrıca geçmişi özetleme, ne kusursuz ne de zorunludur. Ne bir atanın bütün embriyo özellikleri altsoylarda açığa çıkar, ne de geçmişin bütün evreleri katı bir evrimsel sıra izler. Dahası, bitkiler gibi bazı türler, gelişimleri sırasında atalarının neredeyse bütün izlerini ihmal ederler. Haeckel ilkesi sadece katı biçimde doğru olmayışından değil ve fakat Haeckel'in büyük ölçüde adil olmayan şekilde, erken evre embriyo şekillerini gerçekte olduklarından daha benzer görünmeleri için hileli çizdiği suçlamasından dolayı, kötü bir üne sahiptir[19]. Yine de kurunun yanında yaşın yanmasına izin vermemeliyiz. Embriyolar halen özetlemenin bir şeklini göstermektedirler. Evrimde daha erken ortaya çıkan özellikler çoğunlukla embriyonun erken gelişim dönemlerinde görülürler. Bu olgu, eğer türler evrimsel bir tarihe sahiplerse bir anlam kazanır.

Şimdi, neden bazı türlerin gelişimleri boyunca evrimsel tarihlerinin çoğunluğunu koruduğundan bütünüyle emin değiliz. Embriyoloji olgularına bir açıklama getiren şu "eskiye yeni şeyler ekleme" ilkesi sadece bir hipotezdir. Bir gelişimsel programın bir yola göre başka bir yola evrimleşmesinin daha kolay olduğunu ispatlamak zordur. Fakat ortada embriyolojinin gerçekleri vardır ve bu gerçekler sadece evriğim ışığı altında anlamlıdırlar. Biz hepimiz balık benzeri bir embriyoya sahip balık benzeri bir atadan türediğimiz için, bütün omurgalılar gelişimlerine balık embriyosu gibi görünen şekilde başlarlar. Altsoylar halen atalarının gelişimsel programı ve genlerini taşıdığı için, organların, kan damarlarının ve solungaç yarıklarının tuhaf bozulma ve kayıp oluşlarına tanık olmaktayız. Gelişimsel değişimlerin sırası da bir anlam taşır. Memeliler gelişimlerinin bir evresinde sürüngenlerdekine benzeyen bir embriyonik dolaşım sistemine sahiptirler; fakat tersine bir durumu görmüyoruz. Neden? Çünkü sürüngenler memelilerden değil, memeliler erken dönem sürüngenlerden türediler.

Türlerin Kökeni'ni yazdığında Darwin, embriyolojiyi evrimin en güçlü kanıtları olarak ele aldı. Bugün olsa muhtemelen fosil kayıtlara en önemli yeri verirdi. Bununla beraber, bilim gelişim hakkında evrimi destekleyen merak uyandırıcı özellikler biriktirmeye devam etmektedir. Yunus ve balina embriyoları arka bacak tomurcukları (dört üyeli memelilerde arka





ŞEKİL 18. Benekli yunusta (*Stenella attenuata*), dört bacaklı atasının evrimsel kalıntıları olan arka bacak yapılarının kaybolması. Yirmi dört günlük embriyoda (solda), arka bacak tomurcuğu (okla gösterilen) iyi gelişmiştir ve ön bacak tomurcuğundan sadece hafifçe küçüktür. Kırk sekiz günlük olduğunda (sağda) arka bacak tomurcuğu neredeyse kaybolmuştur, ancak ön bacak tomurcuğu sonunda yüzgeçleri oluşturacağından gelişmeye devam etmektedir.

bacağa dönüşen doku kabartısı) oluştururlar. Fakat deniz memelilerinde bu tomurcuklar oluşumlarından kısa bir süre sonra yok olurlar. Şekil 18 benekli yunusların gelişimindeki bu geri çekilmeyi göstermektedir. Ataları dişli olan günümüzdeki balenli balinalar, doğumdan önce kaybolan embriyonik dişler geliştirirler.

Benim evrim için embriyolojik kanıt olgularından en favori olanım kürklü insan fetüsüdür. Biz en iyi, diğer primatlardan farkı olarak kalın bir kıl örtüsüne sahip olmadığımız için "çıplak maymunlar" olarak biliniriz. Fakat gerçekte kısa bir süre içinde olsa (embriyo olarak) böyle bir örtümüz vardır. Hamileliğin yaklaşık altıncı ayında, *lanugo* olarak adlandırılan ince, tüy gibi bir kıl örtüsü ile tamamen kaplanırız. Lanugo genellikle doğumdan bir ay önce, doğduğumuzda sahip olduğumuz kıllar ile yer değiştirerek dökülür (fakat prematüre bebekler, bazen kısa sürede dökülen lanugo ile doğarlar). Günümüzde, insan embriyosunun geçişsel bir kıl örtüsüne sahip olmaya ihtiyacı yoktur. Nede olsa, dölyatağında 37 santigrat derece sıcaklık vardır. Lanugo sadece primat atalarımızın bir kalıntısı olarak açıklanabilir. Maymun fetüsleri de gelişimin yaklaşık aynı evresinde bir kıl örtü geliştirirler. Ancak, maymunlarda bu kıllar dökülmez ve ergin kürküne dönüşmek üzere kalırlar. Aynı şekilde insanlar gibi balina fetüsleri de, karada yaşayan atalarının kalıntısı olarak lanugoya sahiptirler.

İnsanlardan son örnek bizi spekülasyon dünyasına götürür. Fakat çok cazip olduğundan söz etmeden geçilemez. Bu yeni doğmuş bebeklerin "kavrama refleksidir". Eğer yeni doğmuş bir bebeğe ulaşabilirseniz, nazikçe avcunun içine dokunun. Bebek parmağınız etrafında bir yumruk yaparak bir refleks cevabı gösterecektir. Gerçekten de, kavrama o kadar sıkıdır ki, bir bebek iki elini kullanarak, bir süpürge sapına birkaç dakika asılı kalabilir (Uyarı: Bu deneyi evde yapmaya kalkışmayınız!). Doğumdan birkaç ay sonra kaybolan bu kavrama refleksi pekâlâ bir atavistik bir davranış olabilir. Yeni doğmuş maymun ve insansı maymunlar aynı reflekse sahiptirler. Fakat bu refleks, taşınmaları sırasında annelerinin kürküne tutunmalarına yardımcı olmak için, büyüme evresi boyunca korunur.

Embriyoloji evrimin kanıtları açısından böylesi bir altın madeni olmasına rağmen, embriyoloji ders kitaplarının çoğunlukla buna işaret etmekte başarısız olmaları üzücüdür. Örneğin, lanugo hakkında her şeyi bilen fakat gerçekte neden açığa çıktığını bilmeyen kadın doğum uzmanları tanıdım.

Hayvanlarda embriyo gelişimindeki tuhaflıklar kadar, sadece evrim ile açıklanabilen yapı tuhaflıkları da vardır. Bunlar "kötü tasarım" durumlarıdır.

Kötü Tasarım

DİĞER TÜRLÜ ANIMSANMAYACAK bir film olan *Yılın Adamı* filminde komedyen Robin Williams, bir dizi tuhaf kaza sonucu Birleşik Devletler başkanı olan, bir televizyon talk-show konuğunu oynamaktadır. Seçim öncesi bir tartışma programında, Williams'ın oynadığı karaktere akıllı tasarım konusunda ne düşündüğü sorulur. Cevabı şudur; "İnsanlar akıllı tasarım–akıllı tasarımı öğretmek zorundayız–demektedir. İnsan vücuduna bakın, akıllı olmak bu mudur? Dışkı oluşturan organımız, yaratma alanımızın yanında bulunmaktadır".

İyi bir nokta! Organizmalar ortamlarına uymak için tasarlanmış gibi görünmekle beraber, mükemmel tasarım düşüncesi bir yanılsamadır. Her tür birçok açıdan kusurludur. Kiwiler kullanışsız kanatlara, balinalar körelmiş bir pelvise sahiptirler ve apandisimiz kötü bir organdır.

Eğer organizmalar sinirler, kaslar, kemik ve benzeri biyolojik yapı taşlarını kullanan bir tasarımcı tarafından sıfırdan inşa edilmişlerse, böylesi kusurlara sahip olmamaları gerektiği durumunu ben "kötü tasarım" olarak tanımlıyorum. Mükemmel tasarım, gerçek anlamda, usta ve akıllı bir tasarımcıya işaret eder. *Kusurlu* tasarım evrimin işaretidir. Aslında, evrimden *beklediğimiz* tam da budur. Evrimin sıfırdan başlamadığını öğrendik. Yeni kısımlar eskilerden evrimleşmektedir ve hâlihazırda evrimleşmiş olan parçalarla iyi çalışmak zorundadır. Bu nedenle tavizler beklemeliyiz. Bazı özellikler oldukça iyi çalışırlar fakat olabilecekleri kadar iyi değil; kiwinin kanadı gibi diğer bazıları ise hiç çalışmazlar, fakat evrimsel kalıntılardır.

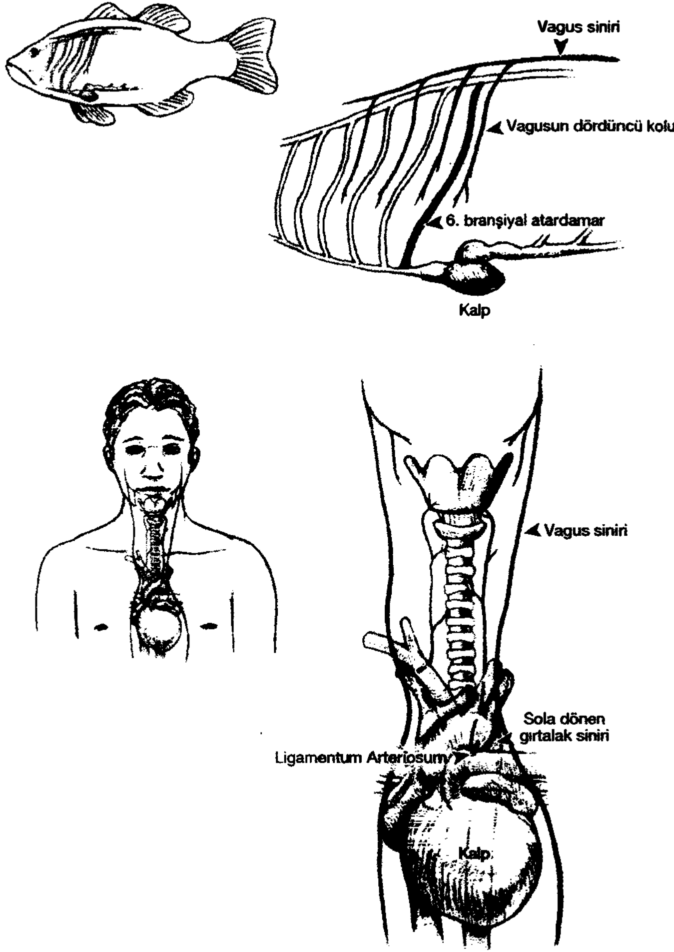
Kötü tasarımın iyi bir örneği, yemeklik balık olarak popülaritesi yassılığından gelen ve bu yüzden kılçığı kolay çıkarılan dilbalığıdır (Örneğin Dover dilbalığı). Aslında hepsi Pleuronectiformes takımı içinde yer alan pisibalığı, kalkan, dilbalıkları ve akrabalarını kapsayan, yaklaşık 500 tür kadar yassı balık türü vardır. "Yanal-yüzücüler" sözcüğü zayıf tasarımlarına anahtar olan bir tanımlamayı ifade eder. Yassı balıklar, gözleme şekilli vücutlarının her iki tarafında birer gözün bulunduğu, dikey olarak yüzen normal görünüşlü balıklar olarak doğarlar. Fakat bir aỹ sonra garip bir şey olur, gözün biri yukarı doğru göçmeye başlar. Kafatasının üzerinden geçer ve türüne bağlı olarak, sağda veya solda, vücudun bir tarafında bir çift göz oluşturmak için diğer göz ile birleşir. Bu hareketi kolaylaştırmak için

kafatası da şeklini değiştirir; yüzgeçler ve renkte de değişimler gözlenir. Bununla uyumlu olarak, yassı balık yeni gözsüz tarafı üzerine oturur ve böylece artık iki gözü üsttedir. Diğer balıkları avlayan, dip sakini, gizlenen bir yassı balığa dönüşür. Yüzmek zorunda olduğunda, bunu bir yanı üzerinde yapar. Yassı balıklar dünyanın en asimetrik omurgalılarıdırlar; gelecek sefer balık pazarına gittiğinizde bir örneği inceleyin.

Eğer bir yassı balık tasarlamak isteseydiniz, bu şekilde yapmazdınız. Tırpanaya benzer, doğuştan yassı ve karnının üzerine oturan, ancak yassılığına bir tarafı üzerine yatarak, gözlerini hareket ettirerek ve kafatasını deforme ederek ulaşmak zorunda olmayan, bir balık üretirdiniz. Yassı balıklar zayıf bir tasarıma sahiptirler. Ancak bu zayıf tasarım evrimsel miraslarından kaynaklanmaktadır. Aile (familya) ağaçlarından, dilbalıklarının diğer tüm yassı balıklar gibi, "normal" simetrik balıklardan evrimleştiklerini biliyoruz. Açık biçimde, bir tarafları üzerine deniz tabanına yatmaları, kendilerini hem avcılarından hem de avlarından saklanmak için avantajlı kılmıştır. Bu şüphesiz bir sorun doğurmuştur: Altta kalan göz hem kullanışsız hem de yaralanmaya açık hale gelmiştir. Bunu düzenlemek için, doğal seçilim diğer türlü vücudun deforme olacağı, çetrefilli fakat gözlerin göçebildiği açık bir rota izlemiştir.

Doğanın en kötü tasarımlarından birini memelilerin geri-dönen gırtlak sinirleri temsil eder. Beyinden gırtlağa giden bu sinir yutmamıza ve konuşmamıza yardımcı olur. Tuhaf olan şey, gerekli olduğundan çok daha uzun olmasıdır. İnsanlarda yaklaşık 30 cm uzunluğunda olan, beyinden gırtlağa doğrudan bir rota izlemek yerine, sinir aşağıya göğsümüze iner, aort ve bir atardamardan çıkan kolun etrafında halka oluşturur ve daha sonra gırtlağa bağlanmak için yeniden yukarı ("geri-döner") çıkar (Şekil 19). Böylece uzunluğu neredeyse bir metreyi bulur. Zürafalarda sinir benzer bir yol izler. Doğrudan rotadan yaklaşık 4,5 metre daha fazla bir uzaklık olan, o uzun boyundan önce aşağı iner ve yeniden yukarı çıkar! Bu tuhaf siniri ilk duyduğum zaman, inanmakta zorluk çektim. Kendi gözlerimle görmek istediğimden, insan anatomisi laboratuvarına bir ziyarette bulunmak ve ilk kadavramı incelemek için tüm cesaretimi topladım. Lütufkâr bir profesör bana, bir kalemle işaret ederek sinirin yolunu, göğüse inişini ve tekrar boyuna çıkışını gösterdi.

Geri-dönen gırtlak sinirinin bu dolambaçlı yolu sadece zayıf tasarım değil, uyumsuzluk bile olabilir. Fazladan uzunluk siniri yaralanmalara



ŞEKİL 19. İnsanda geri-dönen gırtlak sinirinin dolambaçlı yolu balık benzeri bir atadan evrimlerinin kanıtıdır. Balıkta, daha sonra solungaça dönüşen altıncı branşiyal yay, altıncı aort yayı tarafından beslenir. Vagus sinirinin dördüncü kolu bu yayın arkasından geçer. Bu yapılar ergin balıkta, solungacı sinirleyen ve solungaçtan kan taşıyan yapılar olarak, solungaç cihazının kısımları olarak kalmaya devem ederler. Ancak memelilerde, branşiyal yayların bir kısmı gırtlağa evrimleşmiştir. Gırtlak ve siniri bu süreçte bağlantılı kalmış, fakat vücudun sol tarafındaki altıncı aort yayı aşağıya göğüse göçerek işlevsiz bir kalıntıya, *ligamentum arteriosum*, dönüşmüştür. Bu yayın arkasında bir sinir kaldığından ve hala boyundaki bir yapıya bağlı olduğundan, aşağı göğüse inen, aort ve altıncı aort kalıntısının etrafında ilmek oluşturan ve sonra buradan yukarı gırtlağa geri dönen bir yol evrimleştirmeye zorlanmıştır. Bu sinirin doğrudan olmayan yolu akıllı tasarımı yansıtmaz, fakat ancak oldukça farklı vücutlara sahip atalardan evrimimizin bir ürünü olarak anlam kazanabilir.

daha açık hale getirir. Örneğin, göğüse alınan bir darbe ile zarar gördüğünde konuşmamız ve yutmamız zorlaşabilir.

Fakat geri-dönen gırtlak sinirinin nasıl evrimleştiğini bildiğimizde bu rota anlam kazanır. Memeli aortunun kendisi gibi, bu sinir de balık benzeri atalarımızda bulunan branşiyal yaylardan köken alır. Bütün omurgalıların embriyolarının balık benzeri erken evresinde, beyinden sırt boyunca uzanan daha büyük olan vagus sinirinin bir kolu olan bu sinir, baştan sona altıncı branşiyal yayın kan damarı boyunca uzanır. Ergin balıklarda bu sinir, beyni solungaçlara bağlayan ve su pompalamasına yardımcı olarak aynı pozisyonda kalır.

Evrimimiz süresince, beşinci yaydan çıkan kan damarı kaybolmuştur; dördüncü ve altıncı yaydan çıkan damarlar ise, aort ve aortu pulmoner damara bağlayan kolu oluşturabilmek için aşağıya doğru, gelecekte göğüs olacak bölgeye uzanmıştır. Fakat hâlâ altıncı yayın arkasında olan gırtlak siniri, gırtlağa dönüşecek olan embriyonik yapılara yani beyine yakın kalan yapılara bağlı kalmak zorundadır. Müstakbel aort geriye kalbe doğru evrimleştiği için, onunla birlikte gırtlak siniri de geriye doğru evrimleşmeye zorlandı. Sinirin aort etrafında dolanmasından sonra kırılması ve kendini yeniden oluşturarak daha doğrudan bir yol alması daha verimli olabilirdi, fakat bir sinirin kesilmesi ve yeniden bağlanması uyum gücünü düşüren bir adım olduğu için doğal seçilim bunu başaramamıştır. Aortun geriye doğru evrimine uyum sağlamak için, gırtlak siniri uzun ve geri-dönen hale gelmek zorunda kalmıştır. Böylece embriyomuza sinir ve kan damarlarının balık benzeri atasal örüntüsü ile başladığımız için gelişim sırasında evrimsel yol özetlenmiştir. Sonunda, kötü tasarım ile kala kalmış durumdayız.

Evrimin bir ikramı olarak, insan üreme sistemi de üstünkörü ve hileli özelliklerle doludur. Balık eşey bezinden evrimleşmesinin bir sonucu olarak, erkek testislerinin oluşumunun karın boşluğunda fıtıklara yol açabilecek küçük delikler oluşturduğunu zaten öğrenmiş bulunuyoruz. Erkekler sperm sıvılarımızı üreten prostat bezlerinin tam ortasından geçen idrar yolunun zayıf tasarımı nedeniyle de dezavantajlıdırlar. Robin Williams'ı yeniden yorumlarsak, idrar yolu üretme alanımızın tam ortasından geçen bir atık borusudur. Erkeklerin büyük bir kısmı yaşamlarının geç dönemlerinde idrar yolunu sıkıştıran ve işemeyi zor ve ağrılı yapan büyümüş prostat geliştirirler (Muhtemelen bu az sayıda erkeğin otuzlu yaşlardan sonra hayatta kalabildiği insan evriminin çoğu dönemi için bir sorun değildi).

Zeki bir tasarımcı çökebilir bir kanalı enfeksiyon ve şişmelere açık bir organın içinden geçirmezdi. Memelilerde prostat bezi idrar yolu duvarındaki dokudan evrimleştiği için bu şekilde sonuçlandı.

Kadınlar daha iyi durumda değildir. Kadınlar, modern tıptan önce kayda değer sayıda anne ve bebek ölümüne neden olan, sancılı ve verimsiz bir işlem olan pelvis yoluyla doğururlar. Sorun, büyük bir beyin evrimleştirdiğimiz için, etkili bir bipedal (iki-ayakla) yürümeye izin vermek için daralan pelvis açıklığına göre, bebek başının oldukça büyük hale gelmesidir. Bu uzlaşı insan doğumunda güçlüklere ve şiddetli sancılara yol açar. Eğer bir insan dişisi tasarlıyor olsaydınız, dişi üreme yolu için pelvis yerine alt karın bölgesinden açılan bir rota çizmez miydiniz? Bu şekilde doğurmanın ne kadar kolay olduğunu düşünün! Fakat insanlar yumurta bırakan veya pelvisten doğuran, bizden çok daha az sancı çeken yaratıklardan evrimleştiler. Evrimsel tarihimizle sınırlanmış durumdayız.

Akıllı bir tasarımcı, tüpte ilerleyerek döl yatağına yerleşmeden önce, yumurtanın yumurtalık ile Fallop tüp arasında geçmek zorunda olduğu küçük bir aralık yaratır mıydı? Bazen döllenmiş bir yumurta bu atlamayı başarılı bir şekilde yapamaz ve karın boşluğuna düşer. Bu neredeyse her zaman bebek ve eğer cerrahi müdahale yapılmazsa anne için ölümcül olan "dış gebelik" üretir. Yumurtalık ve Fallop tüpü arasındaki bu boşluk yumurtalarını yumurtalıktan doğrudan vücut dışına bırakan balık ve sürüngen atalarımızın bir kalıntısıdır. Fallop tüpü memelilerde sonradan eklenen bir özellik olarak evrimleştiği için hatalı bir bağlantıdır[20].

Bazı yaradılışçılar zayıf tasarımın evrim için bir gerekçe oluşturmadığını söylerler. Yani doğaüstü akıllı bir tasarımcı her şeye rağmen hatalı özellikler yaratabilir. Akıllı tasarım savunucusu Michael Behe, *Darwin'in Kara Kutusu* (*Darwin's Black Box*) adlı kitabında, "tasarımı bize tuhaf gelen özelliklerin Tasarımcı tarafından bir neden için (artistik nedenler, çeşitlilik, kudret göstermek, henüz saptanmamış yararlı bir neden veya bazı tahmin edilemez nedenler) ortaya konulmuş olabilir veya olmayabilir" demektedir. Fakat bu bir noktayı gözden kaçırmaktadır. Evet, bir tasarımcının sırrına erişilmez sebepleri olabilir. Ancak burada gördüğümüz belli kötü tasarımlar *eğer sadece daha eski ataların özelliklerinden evrimleşmişlerse* anlam kazanmaktadır. Eğer bir tasarımcının türleri yaratırken anlaşılmaz nedenleri varsa, bunlardan biri mutlaka biyologları yanıltmak için organizmaların evrimleşmiş gibi görünmelerini sağlamak olmalıdır.

Bölüm 4

Yaşamın Coğrafyası

H.M.S. "Beagle"da doğa bilimci olarak,
Güney Amerika canlılarının yayılışı ve
bu kıtanın geçmiş ve şimdiki canlılarının
jeolojik ilişkisindeki belli olgular beni derinden etkiledi.
Bu olgular bana türlerin kökenini—en
büyük filozoflarımızdan birinin dediği gibi gizemlerin
gizemi olan—aydınlatmada yardımcı olacak gibi geldi.
—Charles Darwin, Türlerin Kökeni Üzerine

Dünyadaki en ıssız yerleriden bazıları güney okyanuslarında bulunan yalıtılmış volkanik adalardır. Afrika ile Güney Amerika arasında yarı yolda bulunan, bunlardan biri olan St. Helena Adası, ülkesi Fransa'dan sürgün edilen Napolyon'un Britanya tutsaklığında son beş yılını geçirdiği yerdir. Fakat yalıtımlarıyla ün kazanmış adalar Juan Fernández takımadalarıdır. Şili'nin 750 km kadar batısında yer alan dört küçük noktadan oluşan bu adalar toplamda yaklaşık 100 km karelik bir alana sahiptir. Bunlardan birinde, gerçek Robinson Crusoe olan, Alexander Selkirk bir kazazede gibi, yalnız bir yaşam sürdü.

Alexander Selcraig adıyla 1676'da doğan Selkirk, İspanyol ve Portekiz gemilerini yağmalama görevi gören bir Britanya korsan gemisi olan *Cinque Ports*'ta dümenci olarak 1703'te denize açılan heyecanlı bir İskoç'tu. Yirmi bir yaşındaki kaptanın pervazsızlığı ve geminin oldukça kötü koşullarından rahatsız olan Selkirk, Juan Fernández grubunun bir adası olan Más a Tierra Adasında *Cinque Ports*, su ve yiyecek almak için durduğunda, kısa

sürede kurtarılacağını umarak, kıyıya bırakılmasını talep etti. Kaptan lütfetti ve Selkirk yanına giyecek, yatacak, bazı gereçler, çakmaklı bir tabanca, tütün, çaydanlık ve bir İncil alarak adada yalnız yaşamaya gönüllü oldu. Böylece dört buçuk yıl sürecek olan yalnız yaşamı başlamış oldu.

Más a Tierra adasının sakini yoktu ve Selkirk dışındaki tek memeliler daha önce buraya uğrayan denizcilerce bırakılmış olan keçiler, sıçanlar ve kedilerdi. Ancak, başlangıçtaki yalnızlık ve depresyon evresinden sonra Selkirk keçi ve midye avlayarak, daha önce dikilmiş meyve ve sebzeleri yiyerek, çubukları birbirine sürüp ateş yakarak, keçi postundan elbise yaparak ve sıçanları savuşturmak için barakasında kedi besleyerek koşullara uyum sağladı.

Kaderin cilvesine bakın ki, Selkirk sonunda eski gemisi *Cinque Ports*'un kaptanının yönettiği bir Britanya gemisi tarafından 1709'da kurtarıldı. Mürettebat uzun süre yalnız kalmış olmasından dolayı İngilizcesi zor anlaşılan, keçi postu giymiş bu yabani insandan ürktü. Gemiyi meyve ve keçi eti ile ikmale yardımdan sonra, Selkirk gemiye bindi ve İngiltere'ye geri döndü. Macerasının popüler bir hikâyesini yazmak için bir grup yazarla bir takım oluşturdular ve Daniel Defoe'nin *Robinson Crusoe*'u yazarken İngiliz Adam'dan (*The Englishman*) esinlendiği söylenir.[21] Ne var ki Selkirk karadaki hareketsiz yaşama uyum sağlayamadı. Denize 1720'de geri döndü ve Afrika kıyılarında bir yıl sonra hummadan öldü.

Zaman ve karakterdeki belirsizlikler Selkirk'in hikâyesini üretti. Oysa belirsizlik, Juan Fernández grubu ve diğer benzer adalarda insan dışındaki sakinlerin hikâyesi gibi daha büyük bir hikâye için de bir derstir. Selkirk bilmemesine rağmen, Más a Tierra (şimdiki adı Alejandro Selkirk Adası) daha önce "kazazedelerin" altsoyları tarafından (Selkirk'ten binlerce yıl önce yolları kazara adaya düşmüş bitkiler, kuşlar ve böceklerin Robinson Crusoe'ları) işgal edilmişti. Kendisi bunun farkında olmasa da, evrimsel değişimin bir laboratuvarında yaşamaktaydı.

Günümüzde Juan Fernández'in üç adası birçok türü endemik olan ve dünyanın başka hiçbir yerinde bulunmayan nadir ve egzotik bitki ve hayvanların canlı bir müzesidir. Bunlar arasında 6 kuş türü (dev 12 cm büyüklüğünde koyu kahve renkli, harikulade ve tehlike altındaki Juan Fernández sinek kuşunu da kapsayan), 126 bitki türü (ayçiçeği familyasının birçok tuhaf üyesini içeren), bir kürklü fok ve az sayıda böcek bulunur. Dünyanın hiçbir yerinde karşılaştırılabilir hiçbir alan bu kadar endemik türe

sahip değildir. Aynı şekilde, ada ***bulunmayan canlılar*** için de oldukça dikkat çekicidir. Dünyadaki kıtalarda yaygın olan çiftyaşamlı, sürüngen veya memeli gruplardan tek bir yerli tür bulundurmaz. Endemik yaşamın bu tuhaf ve sayısız formunun örüntüsü ve birçok omurgalı grubun bariz bir şekilde bulunmayışı, okyanus adalarında tekrar tekrar görülen bir durumdur. İlerde göreceğimiz gibi bu örüntü, evrim için çarpıcı kanıtlar sunar.

Bu örüntüleri ilk kez dikkatlice inceleyen Darwin'di. HMS Beagle'daki gençlik yolculuğu boyunca, bilim insanları ve doğa bilimcilerle sayısız yazışmaları sonucunda, evrimin sadece hayvan ve bitkilerin kökeni ve formlarını açıklamak için değil, fakat bunların tüm dünyadaki yayılışlarını açıklamak için de gerekli olduğunun farkına vardı. Bu yayılışlar birçok soruyu da beraberinde getiriyordu. Neden okyanus adaları kıtasal birliklerle karşılaştırıldıklarında böylesi tuhaf ve dengesiz flora ve faunaya sahipti? Neden neredeyse bütün Avustralya'nın yerli memelileri keseliler iken, plasentalı memeliler dünyanın geri kalanında baskındı? Eğer türler yaratılmış iseler, neden yaratıcı yüzeysel olarak formda benzer, fakat daha temel farklılıklar gösteren türleri barındıran Afrika ve Amerika'nın çölleri gibi benzer yerler ve iklimlere sahip alanları birbirinden uzak konumlandırmıştır?

Bu sorulara kafa yoran Darwin'den önceki doğa bilimciler, ona entelektüel sentezi için temel oluşturmuşlardı. Çok önemli olduğunu düşündüğü bu sorulardan biri *Türlerin Kökeni*'nde iki tam bölüm tutmaktadır. Bu bölümler sıklıkla türlerin dünya üzerindeki yayılışını araştıran bilim dalı olarak tanımlanan ***biyocoğrafya***'nın kurucu belgeleri olarak değerlendirilirler. İlk önerildikleri zaman büyük ölçüde doğru olan yaşamın coğrafyasının evrimsel açıklamaları, sonraki çok sayıda çalışma tarafından sadece geliştirilmiş ve desteklenmiştir. Evrim için bu biyocoğrafik kanıtlar şimdi o kadar güçlüdür ki, bunları çürütmeye yeltenen hiçbir yaradılışçı kitap, makale veya konuşmaya asla rastlamadım. Yaradılışçılar bu mevcut kanıtları tümüyle görmezden gelirler.

İroni olarak, biyocoğrafyanın kökleri dinin derinliklerinde yatar. Erken dönem "doğa teologları" organizma yayılışlarının İncil'deki Nuh'un Gemisi hikâyesi ile nasıl bağdaştığını göstermek için uğraştılar. Yaşayan tüm hayvanların Nuh'un gemisine aldığı birer çiftten türedikleri ve şimdiki yerlerine geminin tufan sonrası oturduğu yerden (alışıldık şekilde Türkiye'nin doğusundaki Ağrı Dağı'na yakın) yayıldıkları farz edildi.

Fakat bu açıklamanın aşikâr problemleri vardır. Kangurular ve dev topraksolucanları okyanusları aşarak bugünkü evleri olan Avustralya'ya nasıl ulaşmışlardır? Bir çift antilop kolayca aslanlara yem olmaz mıydı? Doğa bilimciler yeni bitki ve hayvan türleri keşfetmeye devam ettikçe, en sadık inananlar bile hiçbir geminin bu kadar türü ve altı haftalık seyahatleri için yiyecek ve su taşıyamayacağının farkına vardılar.

Böylece diğer bir kuram doğdu. Dünya yüzeyine yayılmış olan çoklu yaratımlar. 1800'lerin ortalarında, daha sonra Harvard'ta çalışan ünlü İsveçli zoolog Louis Agassiz, "sadece türlerin değişmez ve durağan olmadıklarını, her birinin yaratıldıkları alan veya yakınında bulunduklarını, yayılışlarının da değişmez ve durağan olduğunu" ileri sürdü. Fakat birkaç gelişme, özellikle giderek artan sayıda fosilin türlerin "değişmez ve durağan" olduğu savını çürütmesi, bu düşünceyi savunulmaz kıldı. Darwin'in arkadaşı ve akıl hocası olan Charles Lyell gibi jeologlar, dünyanın sadece oldukça yaşlı değil aynı zamanda değiştiğinin kanıtlarını bulmaya başladılar. *Beagle* yolculuğunda Darwin'in kendisi bugün dağ olan fakat bir zamanlar suyun altında olduğunu gösteren, Andlar'dan deniz kabuğu fosilleri bulmuştur. Karalar yükselebilir veya batabilir; bugün gördüğümüz kıtalar geçmişte daha büyük veya daha küçük olabilirler. Türlerin yayılışı konusunda cevaplanmamış şu sorular da vardı. Neden Afrika'nın güney florası Güney Amerika'nın güneyi ile çok benzerdir? Bazı biyologlar bir zamanlar bütün kıtaların dev kara köprüleri (Darwin bu kara köprülerinin "bir aşçının krep yapması gibi kolay" hayal edilmesinden Lyell'a şikâyetçi oldu) ile bağlantılı olduğunu öne sürdü, fakat var oldukları konusunda hiçbir kanıt bulunamadı.

Bu zorlukların üstesinden gelmek için Darwin kendi kuramını ortaya attı. Türlerin yayılışlarının yaratılma ile değil, evrim ile açıklandığını ileri sürdü. Eğer bitki ve hayvanlar büyük mesafeler boyunca yayılabilecek bir yol bulabilmişlerse ve yayılışlarından sonra yeni türlere evrimleşebilmişlerse, bunlar (buzul genişlemesi dönemleri gibi dünyadaki bazı eski yer değiştirmeler ile birlikte) seleflerini şaşkına uğratan biyocoğrafyanın birçok tuhaflığını açıklayabilirdi.

Bütünüyle olmasa da, Darwin'in haklı olduğu ortaya çıktı. Biyocoğrafya konusunda birçok olgunun, eğer yayılma, evrim ve değişen dünya kabul edilirse anlamlı hale geldiği doğrudur. Fakat bütün olguların de-

ğil. Devekuşları, rhealar ve emular gibi büyük uçamayan kuşlar, sırasıyla Afrika, Güney Amerika ve Avustralya'da bulunurlar. Eğer uçamayan ortak bir ataya sahiplerdiyse, nasıl bu kadar geniş bir alana yayılabildiler? Neden birbirinden oldukça uzak alanlar olan Çin ile Kuzey Amerika'nın doğusu ara bölgelerde bulunmayan lale ağaçları ve kokarca lahana gibi bitkileri paylaşırlar?

Darwin'in hayal edemeyeceği iki gelişme nedeniyle, bir zamanlar ihmal ettiği birçok cevaba bugün sahibiz. Kıtaların kayması ve moleküler taksonomi. Darwin dünyanın zaman içinde değiştiğini biliyordu, fakat bu değişmenin gerçekte ne kadar olduğu konusunda hiçbir fikri yoktu. Bilim insanları 1960'tan bu yana, büyük süper kıtaların hareket ettikleri, birleştikleri ve parçalara ayrıldıkları için, dünyanın geçmiş jeolojisinin günümüzdekinden çok farklı olduğunu bilmektedirler[22].

Yaklaşık 40 yıldan bu yana, bize sadece türler arasındaki evrimsel ilişkiyi değil, ortak atalarından ayrıldıkları tahmini zamanı da söyleyen DNA ve protein dizilerindeki bilgiyi biriktirmekteyiz. Evrimsel kuram türler ortak atalardan ayrıldıkça, kabaca DNA'larının zamana bağlı olarak doğrusal şekilde değiştiği düşüncesini öngörmekte ve veriler bunu desteklemektedir. Bu "moleküler saati" yaşayan türlerin fosil ataları ile ayarlayarak, yetersiz fosil kayıtlara sahip türlerin ayrılma zamanlarını hesaplamada kullanabiliriz.

Moleküler saati kullanarak türler arasındaki evrimsel akrabalık ilişkileri ile kıtaların bilinen hareketlerini ve aynı zamanda buzulların hareketlerini ve Panama Köprüsü gibi gerçek kara köprülerinin oluşumlarını eşleştirebiliriz. Bu bize türlerin kökenleri ile yeni kıta ve habitatların kökenlerinin uyumlu olup olmadığını söyler. Bu yenilikler biyocoğrafyayı büyük belirleyici bir hikâyeye dönüştürdü. Çeşitli araçlar ve görünüşte ilişkisiz olguları kullanarak, biyologlar neden türlerin yaşadıkları yerlerde bulunduklarını açıklayabilirler. Örneğin bugün, Afrika ve Güney Amerika bitkileri arasındaki benzerliklerin sürpriz olmadığını, atalarının bir zamanlar bir süper kıtada yani Gondwana'da yaşadıklarını ve yaklaşık 170 milyon yıl önce başlayarak birkaç parçaya (günümüzde Afrika, Güney Amerika, Hindistan, Madagaskar ve Antarktika) ayrıldıklarını biliyoruz.

Her bir biyocoğrafik dedektiflik çalışma evrim gerçekliği için destek üretti. Eğer türler evrimleşmemiş iseler, hem yaşayan hem de fosil türlerin coğrafik yayılışları anlamsız kalır. Önce kıtalarda daha sonra ise adalarda

yaşayan türlere bakacağız. Bu kıyaslanamaz alanlar farklı tipte kanıtlar sunmaktadır.

Kıtalar

ÇOK SEYAHAT EDEN HERKESİ ÇARPAN bir gözlem ile başlayalım. Benzer iklim ve araziye sahip iki uzak alana gittiğinizde, farklı yaşam tipleri görürsünüz. Çölleri ele alalım. Çoğu çöl bitkisi sukulentlerdir. Suyu depolamak için büyük etli gövde, paradatörleri uzak tutmak için dikenler ve su kaybını azaltmak için küçük yaprakları veya yapraksız olmayı içeren uyumsal özelliklerin bir bileşkesini gösterirler. Fakat farklı çöller farklı tipteki sukuletlere sahiptirler. Kuzey ve Güney Amerika'da sukuletler kaktüs familyasının üyeleridirler. Fakat Asya, Avustralya ve Afrika çöllerinde hiçbir doğal kaktüs bulunmaz ve sukulentler bütünüyle farklı bir aile olan sütleğenlere bağlıdır. Bu iki tip sukulent arasındaki farkı çiçekleri ve sıvılarına bakarak söyleyebilirsiniz; kaktüslerde berrak ve su gibi fakat sütleğenlerde sütsü ve acıdır. Bu temel farklılıklara rağmen, kaktüsler ve sütleğenler oldukça benzer görünürler. Bende pencere kenarında büyüttüğüm iki tipten de var ve ziyaretçilerim etiketlerini okumadan ayırt edememektedirler.

Neden bir yaratıcı temel olarak farklı olan, fakat oldukça benzer görünen bitkileri ekolojik bakımdan aynı görünen dünyanın çeşitli alanlarına koymuş olsun? Aynı bitki türlerini aynı tip toprak ve iklime sahip alanlara koymak daha mantıklı değil midir?

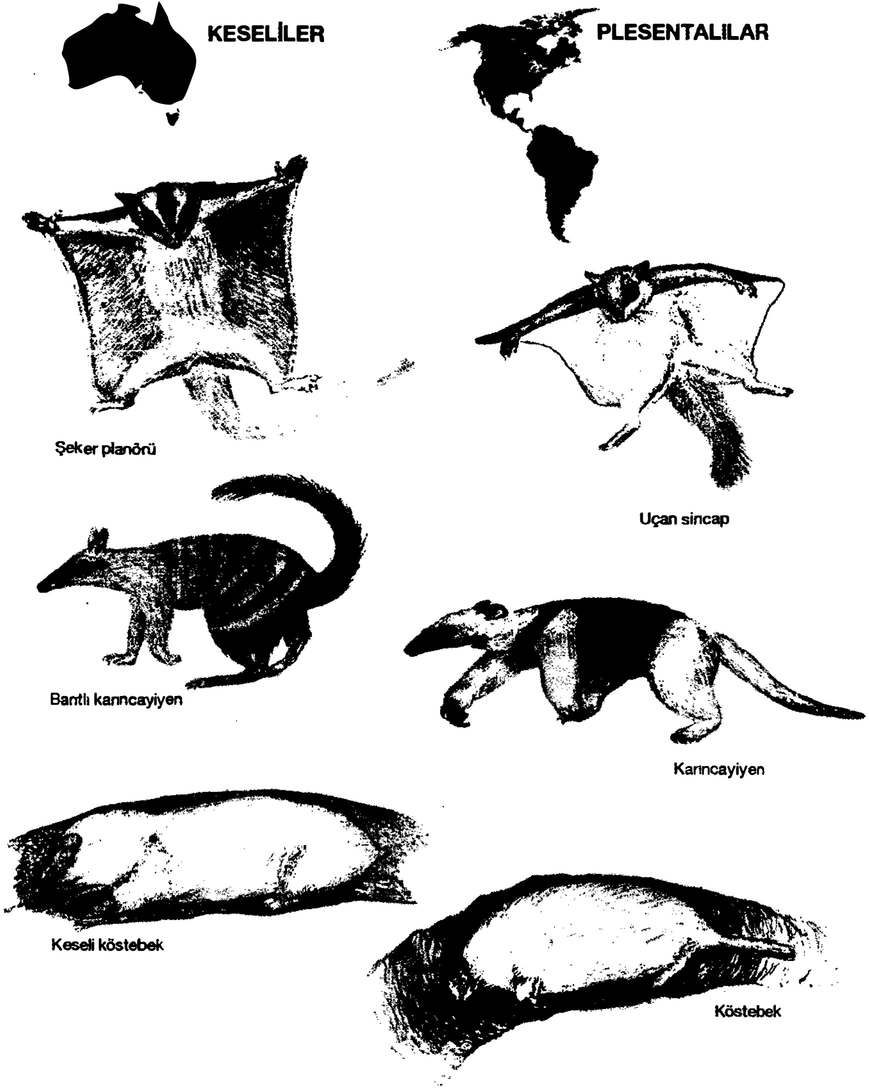
Bunu çöller benzer *görünmekle* beraber, habitatlarının ince fakat önemli şekilde farklı olduğunu, kaktüsler ve sütleğenlerin de kendi habitatlarına en iyi şekilde uymak için yaratıldıkları şeklinde yanıtlayabilirsiniz. Fakat bu açıklama, kaktüsler doğal olarak bulunmadıkları Eski Dünya çöllerine getirildiklerinde son derece başarılı oldukları için çalışmaz. Örneğin, Kuzey Amerika Frenk inciri kaktüsü, yerleşimcilerin bitki üzerinde beslenen koşnil kınkanatlısından kırmızı boya (bu İran kilimlerine koyu kırmızı rengini veren boyadır) özütlemeyi planlamaları nedeniyle 1800'lerin başlarında Avustralya'ya götürülmüştür. Yirminci yüzyıla gelindiğinde, Frenk inciri o kadar hızlı yayılmıştır ki, binlerce hektarlık tarım arazisini tahrip eden sert ve etkisiz kazıma programlarının teşvikine yol açan ciddi bir zararlı haline gelmiştir. Bu bitki sonunda 1926 yılında tırtılları kaktüsü tü-

keten kaktüs güvesinin getirilmesiyle kontrol altına alınmıştır. Bu olay en eski ve başarılı biyolojik kontrol örneklerinden biridir. Yerli sukulentleri sütleğenler olmasına rağmen, Avustralya çöllerinde Frenk inciri kesinlikle gelişebilir.

Farklı türlerin benzer roller üstlenmesinin en iyi bilinen örneği esas olarak Avustralya'da yaşayan keseli memeliler ve dünyanın diğer yerlerinde baskın olan plasentalı memelileri kapsar (Virginia keseli sıçanı herkesin aşina olduğu bir istisnadır). Bu iki grup önemli anatomik farklılıklar gösterir. En dikkat çekici olanı üreme sistemleridir (neredeyse tüm keselilerin cepleri vardır ve az gelişmiş yavrular doğururlarken, plasentalılar ise daha gelişmiş evrede yavru doğurmalarına olanak veren plasentaya sahiptirler). Yine de, diğer açılardan bazı keseliler ve plasentalılar şaşırtıcı derecede benzerdirler. Tıpkı plasentalı körsıçanlar gibi görünen ve davranan tünel kazan keseli körsıçanlar, keseli farelere benzeyen plasentalı fareler, tıpkı uçan sincaplar gibi ağaçtan ağaca süzülen keseli şeker planörler ve tıpkı Güney karıncayiyenlerin yaptığını yapan keseli karıncayiyenler vardır (Şekil 20).

Tekrar sormak zorundayız. Eğer hayvanlar ayrı yaratıldılarsa, neden yaratıcı farklı kıtalarda temelde farklı olmalarına rağmen oldukça benzer biçimde görünen ve davranan hayvanlar üretmiştir? Keseliler Avustralya'da plasentalılara doğuştan üstün değillerdir. Çünkü buraya sonradan getirilen plasentalı memeliler oldukça başarılı olmuşlardır. Örneğin Avustralya'ya getirilmiş olan tavşanlar, keseli tavşan (=bilby: Dikkat çekici derecede uzun kulakları olan küçük bir memeli) gibi yerli keselilerin yerine geçecek kadar önemli bir zararlı haline gelmiştir. Tavşanların yok edilmesine maddi destek sağlamak için, doğa korumacılar Paskalya Tavşanı (Easter Bunny) yerine, Paskalya Keseli Tavşanı (Easter Bilby) kampanyası yürütmektedirler: Her baharda Avustralya süpermarketlerinin raflarını bilby çikolataları doldurmaktadır.

Hiçbir yaradılışçı ne Nuh gemisi versiyonları ile ne de başka türlü, hayvanların farklı tiplerinin farklı yerlerde benzer şekillere sahip olmalarının nedeni konusunda inandırıcı bir açıklama sunmamışlardır. Tüm yapabildikleri yaratıcının gizemli fantezilerine başvurmaktır. Fakat evrim, *yakınlaştıran (konvergent) evrim* olarak adlandırılan iyi bilinen bir sürece başvurarak bu örüntüyü *açıklar*. Gerçekten de oldukça basittir. Benzer ha-



ŞEKİL 20. Memelilerde yakınlaştıran evrim. Keseli karıncayiyenler, küçük planörler ve köstebekler, Amerika'daki eşdeğerlerinden bağımsız, fakat şekilleri dikkate değer dercede benzer biçimde Avusturalya'da evrimleşti.

bitatlarda yaşayan türler, ortamlarındaki benzer seçilim baskılarına maruz kalacaklarından benzer uyumlar evrimleştirecek, yani *yakınlaşacak*, ve akraba olmasalar bile oldukça benzer görünecek ve davranacaklardır. Fakat bu türler hâlâ eski atalarının işaretlerini veren anahtar farklılıklar taşırlar (yakınlaşmanın iyi bilinen bir örneği kutup ayısı ve kar baykuşu gibi farklı Arktik hayvanlarının kamuflaj için paylaştıkları beyaz renklenmedir). Keseli atası Avustralya'yı işgal ederken, plasentalılar dünyanın geri kalanında baskın hale geldiler. Plasentalı ve keselilerin her ikisi de çok çeşitli türlere ayrıldılar ve bu türler çeşitli habitatlara uyum sağladılar. Eğer yerin altına tünel kazarak daha iyi hayatta kalıyor ve ürüyorsanız, doğal seçilim ister keseli isterse de plasentalı olsun, gözlerinizi küçültecek ve size büyük kazıcı pençeler sağlayacaktır. Fakat yine de, atalarınızın bazı karakteristik özelliklerini taşıyacaksınız.

Kaktüs ve sütleğenler de *yakınlaştıran* özellikler gösterirler. Sütleğen atası Eski Dünya'yı, kaktüslerinki Amerika'yı işgal etmiştir. Çöllerde yaşamak durumunda olan bu türler benzer uyumlar evrimleştirmişlerdir. Eğer kurak bir iklimdeki bir bitkiyseniz, su depolamak için şişman gövdeli, sert ve yapraksız olmanız daha iyi durumda olmanızı sağlar. Yani doğal seçilim sütleğen ve kaktüslere benzer biçimler vermiştir.

Yakınlaştıran evrim, evrimsel kuramın birlikte çalışan üç parçasını sergiler: Ortak atalık, türleşme ve doğal seçilim. Ortak atalık neden Avustralya keselilerinin belli özellikler (örneğin, dişi iki vajina ve çatal bir döl yatağına sahiptir) paylaşırken, plasentalı memelilerin farklı özellikler (örneğin, gerçek bir plasenta) paylaştığını açıklar. Türleşme her bir atanın birçok farklı altsoy doğurduğu bir süreçtir. Doğal seçilim her türün kendi ortamına iyi şekilde uymasını sağlar. Tüm bunları bir araya getirin; buna dünyanın uzak alanlarının benzer habitatlara sahip olabileceğini eklediğinizde karşınıza *yakınlaştıran evrim* yani bir büyük biyocoğrafik örüntünün basit bir açıklaması çıkar.

Keselilerin Avustralya'ya nasıl vardıklarına gelirsek, bu bir diğer evrimsel hikâyeye, sınanabilir bir öngörüye kapı açar. Yaklaşık 80 milyon yaşlı en eski keseli fosilleri Avustralya'da değil, fakat Kuzey Amerika'da bulunmuştur. Keseliler evrimleştikçe güneye doğru yayıldılar ve 40 milyon yıl önce bugünkü Güney Amerika'nın ucuna ulaştılar. Keseliler kabaca 10

milyon yıl sonra, bugün orada yaşayan 200 kadar tuhaf türe çeşitlenmeye başladıkları Avustralya'ya vardılar.

Fakat Güney Atlantik Okyanusunu nasıl aştılar? Cevap, bu dönemde henüz oluşmamıştı. Keseli işgali döneminde, Güney Amerika ve Avustralya süperkıta Gondwana'nın parçaları olarak birlikteydiler. Bu kara parçası Atlantik Okyanusunun oluşumuna yol verecek şekilde zaten parçalanmaya başlamıştı; fakat Güney Amerika'nın ucu bugünkü Antarktika ile, Antarktika ise bugünkü Avustralya ile bağlantılıydı (Şekil 21). Keseliler Güney Amerika'dan Avustralya'ya kara yoluyla gitmek zorunda olduklarından, Antarktika'dan geçmiş olmalılar. Öyle ise şu öngörüde bulunabiliriz: Antarktika'da 30 ile 40 milyon yıllık zaman aralığında keseli fosilleri olmalıdır.

Bu hipotez keseli fosilleri aramak amacıyla bilim insanlarını Antarktika'ya çekmek için yeteri kadar güçlüydü. Evet, gerçekten de buldular: Antarktik Yarımadası açıklarındaki Seymour Adasında, tipik diş ve çeneleri ile tanımlanan bir düzineden fazla keseli türü keşfedildi. Bu alan Güney Amerika ve Antarktika arasında eskiden buz olmayan yolun tam üzerindedir. Fosiller tam olarak doğru yaştadırlar: 35 ile 40 milyon yıl. 1982'de bu keşif sonrası, kutup paleontoloğu William Zinsmeister çok sevinçliydi: "Yıllar boyunca insanlar keselilerin orada bulunması gerektiğini düşündüler. Bu bulgu Antarktika hakkında yapılan bütün varsayımları birbirine bağlamaktadır. Bulduğumuz şey, sizin bizim bulmamızı beklediğiniz şeydir."

Peki, benzer habitatlarda fakat farklı kıtalarda yaşayan birçok benzer (fakat aynı olmayan) türün durumuna ne diyeceğiz? Kızıl geyik Avrupa'nın kuzeyinde, buna çok benzeyen Kanada geyiği (elk) ise Kuzey Amerika'da yaşar. Pipidae ailesinin dilsiz sucul kurbağaları Güney Amerika'nın doğusu ve subtropik Afrika gibi birbirine uzak iki ayrı yerde bulunurlar. Az önce Asya'nın doğusu ile Kuzey Amerika'nın doğusunun benzer floraları hakkında bilgi sahibi olduk. Eğer kıtalar daima bugünkü pozisyonlarında olmuş olsalardı, evrimciler açısından bu gözlemler şaşkınlık yaratacaktı. Atasal manolyaların Çin'den Alabama'ya yayılması, tatlısu kurbağalarının Afrika ve Güney Amerika arasındaki okyanusu geçmesi ya da atasal bir geyiğin Avrupa'dan Kuzey Amerika'ya geçmesinin hiçbir yolu yoktur. Fakat bugün bu yayılışların kıtalar arasında eski dönem kara bağlantıları-

nın (bunlar erken dönem biyocoğrafyacılarının hayal ettikleri devasa kara köprülerinden farklıdır) kurulmasıyla gerçekleştiğini tam olarak biliyoruz. Asya ve Kuzey Amerika, bir zamanlar bitki ve memelilerin (insan dâhil) üzerinden geçerek Kuzey Amerika'ya yerleştikleri Bering kara köprüsü yoluyla tamamen bağlantılıydı. Ayrıca, Güney Amerika ile Afrika bir zamanlar Gondwana'nın parçalarıydı.

Organizmalar yayılıp başarılı şekilde yeni alanları işgal ettiklerinde, çoğunlukla evrimleşirler. Bu, birinci bölümde yaptığımız bir varsayıma kapı açar. Eğer evrim gerçekleşiyorsa, bir alanda yaşayan türler aynı alanda yaşayan daha önceki türlerin altsoyları olmalıdırlar. Bu durumda verilen bir alanın yüzey tabakalarında kazı yaptığımızda, bugün o toprağa basan organizmalara benzeyen fosiller bulmalıyız.

Evet, bu da bir olgudur. Yaşayan kangurulara en çok benzeyen fosil kanguruları nereden çıkarabiliriz? Avustralya'dan. O vakit Yeni Dünya'nın armadillolarına gelelim. İspanyolca'da *armadillo* "küçük zırhlı şey" anlamınagelmekte olup, armadillolar kemik bir zırh taşımaları bakımından memeliler arasında tektirler. Sadece Kuzey, Orta ve Güney Amerika'da yaşarlar. Bunlara benzeyen fosilleri nerede bulabiliriz? Tıpkı çok büyük armadillolara benzeyen, zırhlı bitki yiyen memeliler olan *glyptodontların* vatanı olan Amerika'da. Bu eski armadillolardan bazıları bir Vosvogen tosbağa araba büyüklüğünde, bir ton ağırlığında ve beş santimlik kalın bir zırhla kaplıydı. Gürz gibi kullandıkları çivili toplar taşıyan bir kuyruğa sahiplerdi. Yaradılışçılık bu örüntüleri açıklamada çok sıkışmıştır. Açıklayabilmek için dünya üzerinde sonsuz sayıda ardışık yokoluş ve yaratma ile her yaratılan yeni tür takımlarının aynı alanda yaşamış olanlara benzeyecek şekilde yapıldığını önermesi gerekir. Nuh'un gemisinden bu yana çok yol aldık.

Fosil ataların ve altsoylarının birlikte bulunuşları evrimsel biyoloji tarihindeki en önemli varsayımlardan birine, Darwin'in İnsanın Türeyişi (1871) kitabında insanın Afrika'da evrimleştiği hipotezine kapı açtı.

> Doğal olarak Catarrhine (eski Dünya maymunları ve insansılar) stoğundan ilkin atalarımızın ayrıldığı türeme evresinde, insanın doğum yerinin neresi olduğu sorusunu sormak durumundayız. Bu stoğa ait oldukları gerçeği, coğrafik yayılış yasalarından çıkarsayacağımız gibi, Avustralya veya herhangi bir okyanus adasında değil, fakat açıkça Eski

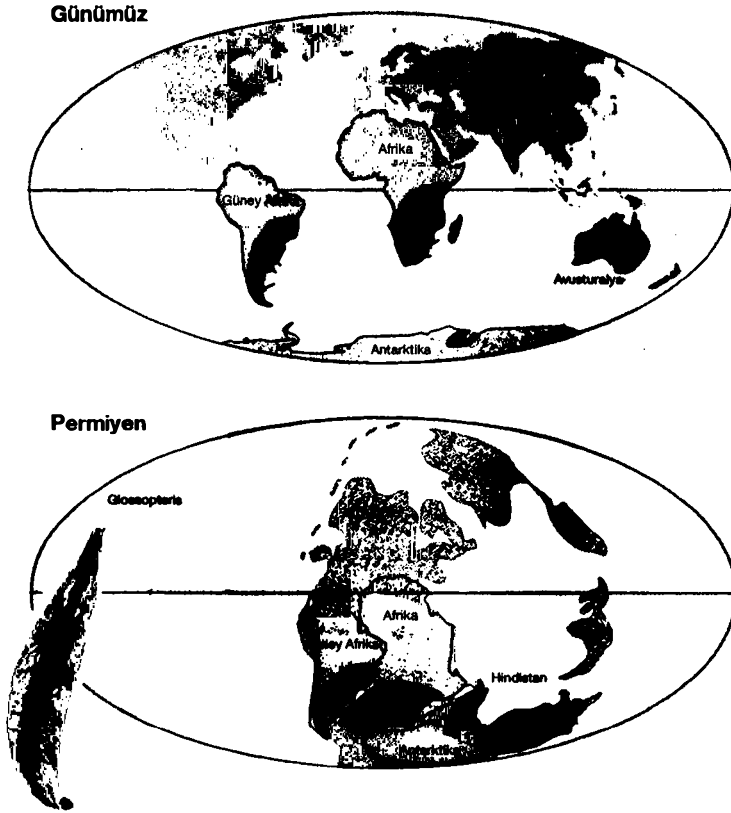
Dünya olduğunu göstermektedir. Dünyanın her bir büyük bölgesinde yaşayan memeliler aynı bölgenin yokolmuş türlerinin yakın akrabalarıdırlar. Bu nedenle Afrika'da eskiden goril ve şempanzelere yakın ilişkisi olan yokolmuş insansıların yerleşmiş olması yüksek olasılıktır ve bu iki tür insanın en yakın akrabalarıdır; bir biçimde bizim erken atalarımızın başka yerlere göre Afrika kıtasında yaşamış olması daha olasıdır.

Darwin bu öngörüde bulunduğu zaman, hiç kimse erken dönem insanlarının hiçbir fosilini görmüş değildi. Bölüm 8'de göreceğimiz gibi, ilk kez 1924 tarihinde, sizin de tahmin ettiğiniz gibi Afrika'da bulundular. O zamandan bu yana, her zaman en eskisi Afrika'dan olmak üzere, gün yüzüne çıkarılan bol miktarda insansı-insan geçiş fosilleri, Darwin'in öngörüsünün doğru olduğu konusunda hiçbir şüpheye yer bırakmadı.

Biyocoğrafya sadece öngörüde bulunmaz aynı zamanda problem çözer. Bunlardan biri buzullar ve fosil ağaçları kapsar. Jeologlar uzun zamandan beri, bütün güney kıtalar ve alt-kıtaların, yaklaşık 290 milyon yıl önce Permiyen devri boyunca şiddetli buzullaşma dönemleri geçirdiklerini bilmektedirler. Bunu, buzullar hareket ettiklerinde taşıdıkları kayaç ve çakılın, altta bulunan kayaçta çizik bırakmasından biliyoruz. Bu izlerin yönü bize buzulların hangi şekilde hareket ettiğini söyler.

Güney kara parçalarının Permiyen kayaçlarındaki izlere bakıldığında, ilginç motifler görürsünüz. Buzullar bugün oldukça sıcak olan Orta Afrika'da açığa çıkmış gibi görünürler; daha da şaşırtıcı olan denizlerden kıtalara hareket etmiş gibidirler (Şekil 21'de okların yönüne bakınız). Şimdi, bu tamamen imkânsızdır. Buzullar sadece devamlı soğuk iklime sahip kuru kara parçalarında, tekrarlı kar yağışları birleşip, kendi ağırlığı nedeniyle hareket etmeye başlayan buz haline geldiğinde oluşabilirler. Peki, bu görünüşte yanlış olan buzul kayması motifini ve buzulların açık denizel kökenini nasıl açıklarız?

Bu bilmecenin, buzul izlerinin değil fakat *Glossopteris* cinsi türleri olan fosil ağaçların yayılışını kapsayan bir parçası daha vardır. Bunlar iğne yerine dil-şekilli yaprakları olan kozalaklı ağaçlardır (*glossa* Yunanca "dil" anlamıa gelir). *Glossopteris* Permiyen florasının baskın bitkilerinden biriydi. Birkaç nedenden dolayı botanikçiler yaprak döken (her sonbaharda yaprakları kopan ve baharda yeniden büyüyen) olduklarına inanırlar. Mevsimsel döngüye işaret eden büyüme halkalarına ve yaprakların ağaçtan



ŞEKİL 21. Kıtaların kayması eski bir ağaç olan *Glossopteris*'in evrimsel biyocoğrafyasını açıklamaktadır. Üst: Anlamamızı zorlaştıracak şekilde günümüz *Glossopteris* fosillerinin kıtalar arasında farklı kısımlarda yayılışı (taranmış). Kayaçlardaki buzul izlerinin motifi aynı şekilde gizemlidir (oklar). Alt: Kıtalar bir süper-kıta olarak bir aradayken *Glossopteris*'in Permiyen döneminde yayılışı. Bu motif, ağaçların Permiyen güney kutbunda ılıman iklim alanlarında bulunmaları ile anlam kazanır. Aynı şekilde, bu gün gördüğümüz buzul izlerinin hepsinin yönünün Permiyen güney kutbundan dışarı doğru olması da anlamlıdır.

kopmasının programlandığını gösteren özelleşmiş özelliklere sahiptirler. Bunlar ve diğer özellikleri, *Glossopteris*'in soğuk kışa sahip ılıman alanlarda yaşadığını önermektedir.

Güney Yarıküre'de *Glossopteris* fosillerinin yayılışını haritaya yerleştirirseniz (Şekil 21), güney kıtaları boyunca yamalı bir kumaştaki gibi serpişmiş ilginç bir motif bulursunuz. Bu motif, büyük ve ağır olmaları nedeniyle yüzmesi neredeyse imkânsız olan *Glossopteris* tohumlarının de-

nizaşırı bir yayılışı ile açıklanamaz. Bu durum bu bitkinin farklı kıtalarda oluştuğunun bir kanıtı olabilir mi? Biraz yavaş olalım.

Bu iki bilmece günümüz güney kıtalarının gerçekten de Geç Permiyen boyunca (Şekil 21), bir yap-bozun parçaları gibi Gondwana'ya bağlı olduklarını bildiğimiz zaman çözülür. Parçaları birleştirdiğiniz zaman, buzul izlerinin pozisyonları ve ağaçların yayılışı aniden anlamlı hale gelir. İzlerin hepsi şimdi, Permiyen boyunca Güney Kutbu'na geçen Gondwana'nın bir parçası olan Antarktika'nın merkezinden çıkar. Kar bu alandan yayılan, tam da gözlenen yönde çizikler bırakan büyük buzullar oluşturmuş olmalıdır. *Glossopteris* ağaçlarının yayılışı Godwana'nın bir haritasına bindirildiğinde motif artık düzensiz değildir. Yamalar buzulların kenarları etrafında bir halka gibi uzanarak birleşirler. Buralar tam da ılıman yaprak döken ağaçların bulunması gereken soğuk yerlerdir.

Öyle ise bir kıtadan uzak başka bir kıtaya göçen ağaçlar değil, ağaçları beraberlerinde taşıyan kıtaların ta kendileridir. Bu muamma evriğim ışığı altında anlam kazanırken, yaradılışçılık hem buzul izleri hem de *Glossopteris*'in tuhaf parçalı yayılışı motiflerini açıklamada başarısız kalır.

Bir de bu hikâyenin dokunaklı bir dipnotu vardır. Robert Scott'un ekibi, Güney Kutbuna ilk varanlar olmak için yaptıkları başarısız bir deneme sonrası, 1912'de donarak ölmüş olarak bulunduklarında, cesetlerinin yanında 16 kilo ağırlığında *Glossopteris* fosili vardı. Hayatta kalmak için techizatlarının çoğunu can havliyle arkalarında bırakmalarına rağmen, hiç şüphesiz bilimsel değerinin farkında olarak, bu ağır kayaları el kızaklarında fiziksel olarak sürüklemişlerdi. Bunlar Antarktika'da bulunan ilk *Glossopteris* örnekleriydi.

Kıtasal yaşam örüntülerinin evrim için sunduğu kanıtlar güçlüdür. Fakat göreceğimiz gibi, ada yaşamının sundukları daha da güçlüdür.

Adalar

ADA TÜRLERİNİN YAYILIŞININ EVRİME İKNA EDİCİ kanıtlar sunduğunun anlaşılması biyoloji tarihinin en büyük dedektiflik parçalarından biridir. Bu da, düşüncesi halen biyocoğrafya bilimini kuvvetli biçimde etkileyen

Darwin'in çalışmasıydı. Darwin, *Türlerin Kökeni*'nin 12. bölümünde, çok zeki bir avukat gibi davasını kurarak, yıllar boyunca gözlemleri ve yazışmalarından özenle biriktirdiği olgu üzerine olgu rapor eder. Öğrencilerime evrimin kanıtlarını öğrettiğimde, bu benim en favori dersimdir. Bu görünüşte umutsuz görünen verinin birikimi, sonunda evrim için kaybedilmeyecek bir davayı çözmeye dönüşen bir saatlik bir gizem hikâyesidir.

Fakat kanıtlara gelmeden önce, iki ada tipini ayırmaya ihtiyacımız var. Birincisi kıtasal adalar olarak adlandırılır. Bunlar bir zamanlar kıta ile bağlantısı olan, ancak daha sonra ya mevcut kara köprüsünü basan deniz seviyesindeki yükselme veya kıtasal plakaların hareketi ile ayrılan adalardır. Diğer birçokları arasından, bu adalar Britanya Adaları, Japonya, Sri Lanka, Tazmanya ve Madagaskar'ı kapsar. Bazıları yaşlı (Madagaskar Afrika'dan 160 milyon yıl kadar önce ayrılmıştır), diğerleri çok daha gençtir (Büyük Britanya Avrupa'dan yaklaşık 300 bin yıl önce, muhtemelen büyük ve dolu bir gölden kuzeye doğru bir sel felaketi sırasında, ayrıldı). Diğer taraftan *okyanus adaları*, hiçbir zaman bir kıta ile bağlantısı olmamış adalardır; başlangıçta yaşamın olmadığı, deniz tabanından volkanlar veya mercan kayalıkları olarak büyüyerek, yükselirler. Bunlar Hawaii Adalarını, Galápagos takımadalarını, bu bölümün başında tanımlanan St. Helena ve Juan Fernández grubunu kapsar.

Bu evrim için "adalar" tezi aşağıdaki gözlemlerle başlar. Okyanus adaları kıtalarda ve kıtasal adalarda gördüğümüz birçok tipteki yerli türden yoksundurlar. Adaları yaklaşık 16.500 km^2 yer kaplayan, yani Massachusetts eyaletinden sadece birazcık küçük, tropik bir takımada olan Hawaii'yi ele alalım. Adalar yerli kuşlar, bitkiler ve böcekler ile dolu iken, yerli tatlı su balıkları, çiftyaşamlılar, sürüngenler ve karasal memelilerden bütünüyle yoksundurlar. Napolyon'un adası St. Helena ve Juan Fernández takımadası bu aynı gruplardan yoksunken, yine birçok endemik bitki, kuş ve böcek bulundurur. Galápagos Adaları birkaç yerli sürüngene sahiptirler (kara ve deniz iguanaları yanında iyi bilinen dev kaplumbağalar). Fakat yine yerli memeliler, çiftyaşamlılar ve tatlısu balıklarından yoksundurlar. Tekrar tekrar, Pasifik, Güney Atlantik ve Hint Okyanusu'nu benek gibi saran okyanus adalarında, bir bulunmayan gruplar, daha da önemlisi *aynı* bulunmayan gruplar, örüntüsü gözlenir.

İlk bakışta, bu bulunmayışlar tuhaf görünür. Tropik bir kıta veya kıtasal adanın oldukça küçük bir alanına baktığınız da bile, söz gelişi Peru, Yeni Gine veya Japonya'da birçok yerli balık, çiftyaşamlı ve memeli bulacaksınız.

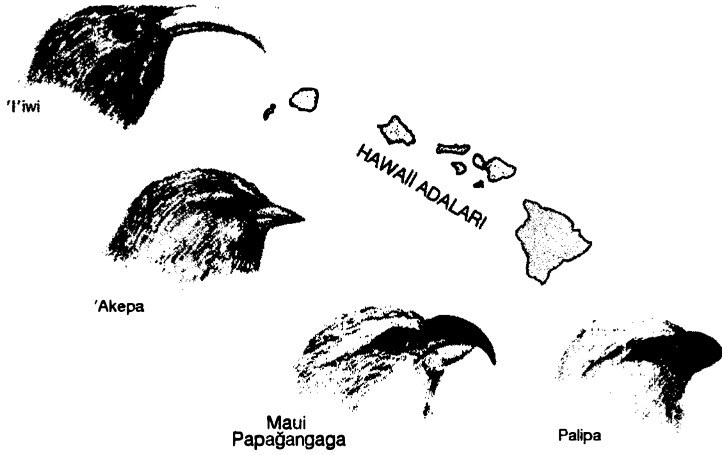
Darwin'in işaret ettiği gibi bu dengesizliği yaradılışçı bir senaryo altında açıklamak oldukça zordur: "Her türün ayrı yaratıldığı öğretisini kabul eden bir kişi, iyi uyum gösteren yeterli sayıda bitki ve hayvanın okyanus adalarında yaratılmadığını da kabul etmek zorundadır." Fakat memeliler, çiftyaşamlılar, tatlısu balıkları ve sürüngenlerin gerçekten de okyanus adalarına *uyum gösterdiklerini* nasıl biliyoruz? Belki de yaratıcı iyi uyum göstermeyecekleri için buralara koymamış olabilir. Bir bariz cevap *kıtasal* adaların bu hayvanlara sahip olmalarıdır. Öyle ise bir yaratıcı neden farklı tipteki hayvanları kıtasala karşı okyanus adalarına koymuş olmalıdır? Adanın nasıl oluştuğu bir farklılık yaratmamalıdır. Fakat Darwin yukarıda verilen cümleyi daha iyi bir cevapla bitirir: "... İnsanlar şans eseri doğanın yapabileceğinden daha tam ve eksiksiz biçimde çeşitli kaynaklardan topladılar."

Diğer bir deyişle, memeliler, çiftyaşamlılar, tatlısu balıkları ve sürüngenler okyanus adalarına insanlar tarafından götürüldüklerinde, çoğunlukla çok iyi uyum gösterirler. Gerçekten de, sıklıkla yerli türleri süpürerek yerine geçerler. Getirilen domuz ve keçiler yerli bitkileri besinleri yaparak, Hawaii'yi istila etmişlerdir. Getirilen sıçanlar ve firavun fareleri Hawaii'nin birçok göz kamaştırıcı kuşunu mahvetmiş veya tehlike altına sokmuştur. Tropik Amerika'nın yerli büyük bir zehirli çiftyaşamlısı olan, dev karakurbağası şekerkamışı kınkanatlısını kontrol etmek için 1932'de Hawaii'ye getirildi. Bugün bu kurbağa, hızla çoğalan ve bunları yeme yanlışlığına düşen kedi ve köpekleri öldüren bir zararlıdır. Galápagos Adalarının hiçbir yerli çiftyaşamlı türü yoktur. Fakat 1998'de getirilen Ekvator ağaç kurbağası, kendi başına üç adaya yerleşmiştir. Kendi araştırmam için sirke sineği topladığım Afrika'nın batı kıyılarında volkanik bir ada olan São Tomé'ye siyah kobralar muhtemelen kazara getirilmişlerdir. Adaya o kadar iyi uyum göstermişlerdir ki, tek bir günde bu ölümcül ve saldırgan yılanların birkaç düzinesi ile karşılaşabileceğiniz kadar çok sayıda olduklarından, adanın belli yerlerinde çalışamazsınız. Karasal memeliler de adalara iyi uyum gösterirler. Más a Tierra getirilmiş keçiler Alexander Selkirk'in hayatta kalmasına yardım ettiler ve St. Helena'da da çoğaldılar. Bu hikâye tüm dünyada aynıdır. Bu türler doğal olarak bulunmadıkları okyanus adalarına insanlar tarafından götürüldüler ve bunlar ya yerli türleri yerinden ettiler ya da bitirdiler. Bu

okyanus adalarının memeliler, çiftyaşamlılar, sürüngenler ve balıklar için bir şekilde uygun olmadığı görüşünün sonudur.

Tezin bir sonraki adımı şudur: Okyanus adaları birçok temel hayvan çeşidinden yoksun olmakla beraber, *var olan* tipler birçok benzer türle karşılaştırıldığında çoğunlukla bol bulunurlar. Galápagos'u ele alalım. On üç adası içinde başka hiçbir yerde bulunmayan 28 kuş türü vardır. Bu 28 kuş türünden 14'ü yakın akraba olan kuşların tek bir grubuna aittir: Ünlü Galápagos ispinozları. Kuş faunasında ispinozların bu kadar baskın olduğu başka hiçbir kıta veya kıtasal ada yoktur. Üstelik ispinoz özellikleri paylaşmalarına rağmen, Galápagos grubu farklı türlerinin böcek, tohum ve diğer türlerin yumurtaları gibi çok farklı besinlere özelleşmeleri ile ekolojik olarak oldukça çeşitlidirler. "Marangoz ispinoz" (ya da ağaçkakan ispinoz) alet kullanan bu nadir kuşlardan biridir. Bu örnekte ağaçlardan böcekleri çıkarmak için bir kaktüs dikeni veya çöp kullanırlar. Marangoz ispinozları Galápagos'ta yaşamayan ağaçkakanların ekolojik rolünü üstlenmişlerdir. Deniz kuşlarının arka kısmını gagalayarak yara açan ve daha sonra buradan kan yalayan "vampir ispinozlar" bile vardır.

Hawaii, nektar kuşlarının daha da göz kamaştırıcı bir açılımına sahiptir (*uyumsal açılım: Tek veya az sayıda atasal türden çok çeşitli ekolojik nişi işgal eden çok sayıda yeni türün evrimleşmesi*). Polinezyalılar Hawaii'ye yaklaşık 1500 yıl önce vardıklarında, yaklaşık 140 kadar yerli kuş buldular (bunu kuş "alt-fosilleri" çalışmalarından biliyoruz: Kemikleri eski çöplük atıkları ve püskürtü kanallarında korunmuştur). Bu türlerden yaklaşık 60 tanesi yani kuş faunasının yarısına yakını, hepsi adaya yaklaşık dört milyon yıl önce gelen tek bir atasal ispinozdan türemiş nektar kuşlarıydı. Ne yazık ki, günümüzde hepsi soyu tükenme tehlikesi altında olan sadece 20 nektar kuşu kalmıştır. Diğerleri avlanma, habitat kayıpları, sıçan ve firavun faresi gibi insanlarca getirilen avcılar tarafından bitirilmiştir. Fakat bu geri kalan az sayıdaki nektar kuşları bile Şekil 22'de gösterildiği gibi fantastik bir ekolojik rol çeşitliliği gösterirler. Bir kuşun gagası bize besini hakkında çok şey söyler. Bazı türler çiçeklerden nektar emmek için kavisli gagalara, diğerleri sert tohumları veya dalları kırmak için, kısa papağan benzeri gagalara, halen diğerleri yapraklardan böcek toplamak için ince sivri gagalara ve bazıları bir ağaçkakanın rolünü üstlenecek şekilde ağaçlardan böcek çıkarmak için kancalı gagalara sahiptirler. Galápagos'ta olduğu gibi, kıtalar veya kıta adalarında çok farklı türlerce işgal edilmiş nişleri dolduran türleri ile yüksek temsil oranlı bir grup görmekteyiz.



ŞEKİL 22. Bir uyumsal açılım: Bazı akraba Hawaii nektar kuşu türlerinin adaları işgal eden ispinoz benzeri atadan evrimleşmeleri. Her ispinoz farklı bir besin kullanmasını sağlayan bir gagaya sahiptir. 'i'iwi'nin ince gagası uzun boru şeklindeki çiçeklerden nektar emmesine yardım eder; 'akepa tomurcukları açarak böcek ve örümcekleri avlamasına izin veren hafifçe çapraz bir gagaya sahiptir; Maui papağangaga, ağaç kabuğu ve filizlerini yararak kınkanatlı larvası avlamaya yarayan büyük bir gagaya sahiptir ve Palila'nın kısa fakat güçlü gagası tohum kabuğunu açmaya ve tohumu çıkarmaya yardım eder.

Okyanus adları bitki ve böceklerin açılımına da ev sahipliği yaparlar. St. Helena birçok böcek grubundan yoksun olmakla beraber, düzinelerce küçük uçamayan kınkanatlının, özellikle ağaç kınkanatlılarının vatanıdır. Hawaii'de benim çalıştığım grup olan sirke sineği cinsi *Drosophila* hakikaten çok boldur. Hawaii Adaları dünyanın sadece % 0.004'ü oluşturdukları halde, dünyanın 2 bin *Drosophila* türünün neredeyse yarısını bulundururlar. Dahası, Juan Fernández ve St. Helena Adaları'nda, bazıları küçük odunlu ağaçlar haline gelmiş, ayçiçeği familyası bitkilerinin çarpıcı açılımı vardır. Sadece okyanus adalarında küçük çiçekli bitkiler, daha büyük çalı ve ağaçların rekabetinden uzakta, kendiliğinden ağaçlara evrimleşebilirler.

Şimdiye kadar okyanus adaları hakkında iki olgu takımı öğrendik. Kıta veya kıtasal adalarda yaşayan birçok tür grubundan yoksundurlar ve okyanus adalarında bulunan gruplar ise birçok benzer tür içerirler. Bu gözlemleri birlikte ele aldığımız ve dünyanın diğer alanları ile karşılaştırdığımız zaman, okyanus adalarında yaşam *dengesizdir.* Herhangi bir saygın biyocoğrafya kuramı bu zıtlığı açıklamak zorundadır.

Fakat burada daha fazla bir şey de vardır. Çoğunlukla okyanus adalarına özgü olan ve buralarda genellikle bulunmayan grupların aşağıdaki listesine bir göz atalım (Juan Fernández Adası listede yer verilen ada gruplarından sadece bir tanesidir).

YERLİ	BULUNMAYAN
Bitkiler	Karasal memeliler
Kuşlar	Sürüngenler
Böcek ve diğer eklembacaklılar (örneğin, örümcekler)	Çiftyaşamlılar
	Tatlısu balıkları

İki sütun arasındaki fark nedir? Bir dakikalık düşünme cevabı verir. Birinci sütundaki türler uzak mesafe yayılış ile bir okyanus adasına yerleşebilirler. İkinci sütundaki türler bu yetenekten yoksundurlar. Kuşlar sadece kendi yumurtalarını değil fakat yedikleri bitkilerin tohumlarını (bıraktıkları dışkıdan çimlenebilir), teleklerindeki parazitleri ve ayaklarına yapışmış çamur içindeki küçük organizmaları da beraberlerinde taşıyarak, deniz üzerinde büyük mesafeler kat edebilirler. Bitkiler, tohum şeklinde deniz alanlarını yüzerek adalara ulaşabilirler. Çengelli veya yapışkan örtülü tohumlar, kuşların telekleri üzerinde adalara otostop yapabilirler. Eğrelti, mantar ve karayosunlarının hafif sporları rüzgârlarla uzun mesafeler taşınabilirler. Böcekler de adalara uçabilir veya rüzgârlarla taşınabilirler.

Aksine, ikinci sütundaki hayvanların deniz boşluğunu aşmaları oldukça zordur. Kara memelileri ve sürüngenler çok ağırdırlar ve uzan mesafe yüzemezler. Çoğu çiftyaşamlı ve tatlısu balığı tuzlu suda kesinlikle hayatta kalamaz.

Öyle ise okyanus adlarında bulduğumuz tür çeşitleri, tam da bu uzak karalardan denizi geçerek varabilen türlerdir. Fakat bunu yaptıklarının kanıtları nelerdir? Her ornitolog (kuşbilimci), rüzgârların veya hatalı seferlerinin kurbanı olarak, normal habitatlarının binlerce kilometre uzağında bulunan geçici "ziyaretçileri" bilirler. Bazı kuşlar okyanus adalarında tarihsel zamanlarda üreme kolonileri bile kurmuşlardır. Güney Atlantik'teki uzak Tristan da Cunha Aadası'nın uzun dönem geçici ziyaretçisi olan mor sutavuğu, en sonunda 1950'de burada üremeye başlamıştır.

Darwin'in kendisi bazı bitki tohumlarının uzun süre deniz suyunda tutulduktan sonra bile çimlenebildiklerini gösteren basit fakat şık bazı de-

neyler yapmıştır. Açıkça Atlas okyanusu sıcak su akıntısı (Gulf Stream) tarafından taşınmış Batı Hint Adaları (Karayipler) kaynaklı tohumlar, İskoçya kıyısı açıklarında bulunmuşlardır ve kıtalar veya diğer adalardan "sürüklenen tohumlar" Güney Pasifik adalarının kıyılarında da bulunmuştur. Kafesteki kuşlar uzak mesafe taşınma olasılığını gösterecek şekilde, bitki tohumlarını sindirim sistemlerinde bir hafta veya daha fazla tutabilirler. Karadan uzakta uçak veya gemilere iliştirilmiş tuzaklar kullanarak böcek örneklemek için birçok başarılı girişim de vardır. Toplanan türler arasında çekirgeler, güveler, kelebekler, sinekler, yaprakbitleri ve kınkanatlılar vardır. Charles Lindbergh, Atlantik'i geçtiği 1933'teki seyahatinde, havaya tuttuğu mikroskop camı (lam) ile çok sayıda mikroorganizma ve böcek parçası yakaladı. Birçok örümcek genç evrede, ipek paraşütleri ile "balon uçuşu" yaparak yayılırlar; bu göçebeler karadan birkaç 100 kilometre uzakta bulunmuşlardır.

Bitki ve hayvanlar genellikle ırmak ağızlarında, kıtalardan sürüklenen tomruklar veya vejetasyon kütleleri şeklinde oluşan "sallar" üzerinde de adalara seyahat ederler. Muhtemelen 1955'teki bir kasırga ile ortaya çıkan bu büyük sallardan biri, 15 yeşil iguana taşıyan bir kargoyu, yaklaşık 300 km uzaktaki bir kaynaktan, daha önce bulunmadıkları Karayip adası Anguilla'ya bıraktı. Kuzey Amerika Douglas köknarı tomrukları Hawaii'de bulundu; Güney Amerika'dan tomruklar Tasmanya'ya kadar ulaştılar. Bunlara benzer sal üstünde taşınmalar, Galápagos iguanaları ve kaplumbağaları gibi okyanus adalarındaki endemik sürüngenlerin tesadüfi bulunuşunu açıklar.

Devam edersek, okyanus adalarına özgü böcek ve bitki tiplerine baktığınız zaman, bunlar en iyi koloni oluşturan gruplardandırlar. Böceklerin çoğunluğu, tam da rüzgâr tarafından kolayca taşınabilecek şekilde küçüktürler. Otsu bitkilerle karşılaştırıldığında, ağaç tohumlarının birçoğu neredeyse kesin olarak, yüzmek için veya kuşlar tarafından taşınamayacak kadar ağır olduklarından, oransal olarak okyanus adalarında ağaçlar nadirdirler (Hindistan cevizi büyük fakat yüzen tohumlarıyla dikkat çekici bir istisnadır, neredeyse bütün Pasifik ve Hint okyanusu adalarında bulunur). Ağaçların nispeten nadir oluşları, gerçekten de neden kıtalarda kısa otlar olarak gelişen birçok bitkinin, adalarda ağaç-benzeri odunsu formlara evrimleştiğini açıklar.

Karasal memeliler iyi koloniciler değillerdir ve bu nedenle de okyanus adalarında bulunmazlar. Fakat adalar tüm memelilerden yoksun değillerdir. Bu kural olan iki istisnayı getirir. Birincisi Darwin tarafından not edilmişti:

> Karasal memeliler okyanus adalarında bulunmamakla birlikte, hava memelileri neredeyse bütün adalarda bulunurlar. Yeni Zelanda dünyanın başka hiçbir yerinde bulunmayan iki yarasaya sahiptir: Norfolk Adası, Viti Takımadası, Bonin Adaları, Caroline ve Mariana Takımadaları ve Mauritius, hepsi kendi ilginç yarasalarına sahiptirler. Varsayılan yaratıcı gücün uzak adalarda, neden yarasaları ürettiği ve diğer memelileri üretmediği sorulabilir. Benim görüşüme göre bu soru kolayca cevaplanabilir; hiçbir karasal memeli denizlerin geniş mesafelerini geçemez fakat yarasalar bu mesafeleri uçarak aşabilirler.

Adalarda sucul memeliler de bulunurlar. Hawaii, endemik bir foka ve Juan Fernández grubu yerli bir kürklü foka sahiptir. Eğer okyanus adalarında yerli memeliler yaratılmamış fakat işgalcilerden türemişlerse, bu atasal işgalcilerin yüzmek veya uçmak zorunda olduklarını öngörürsünüz.

Şimdi, ele alınan bir türün uzak bir adaya, uzak mesafe yayılışının sık gerçekleşen bir durum olamayacağı açıktır. Bir böcek veya kuşun sadece geniş deniz mesafelerini aşarak bir adaya yerleşmesi değil, aynı zamanda oraya vardığında bir üreme populasyonu kurması (bu ya hâlihazırda döllenmiş bir dişi veya iki eşeyden en az birer birey gerektirir) şansı oldukça düşük olmalıdır. Eğer yayılmalar yaygın olsaydı, okyanus adalarındaki yaşam kıta veya kıtasal adalardaki ile oldukça benzer olurdu. Buna rağmen, çoğu okyanus adası bazı yerleşmelere izin verecek kadar uzun olan milyonlarca yıldan beri varlıklarını sürdürmektedirler. Zoolog George Gaylord Simpson'un işaret ettiği gibi "Mutlak olarak imkânsız olmayan her olay... eğer yeterli zaman geçerse olası hale gelir." Hipotetik bir örnek ele alalım, bir türün bir adayı işgali için her yıl sadece milyonda bir şansı olduğunu varsayalım. Bir milyon yıl geçtikten sonra bu adanın en azından bir kez işgal edilmesinin yüksek bir olasılığı olduğunu göstermek kolaydır. Tam olarak söylemek gerekirse bunun olasılığı % 63'tür.

Son bir gözlem, adalarda evrim olayını sağlamlaştıran mantık zincirini tamamlar. Şöyle ki, birkaç istisna dışında, okyanus adalarındaki bitki ve hayvanlar en yakındaki anakarada bulunan türlere en benzer olanlaṭdır. Bu durum, örneğin türleri Güney Amerika'nın batı kıyısından olan Galápagos Adaları için de doğrudur. Bu benzerlik, adalar ve Güney Amerika'nın ilahi yaratılmış türler için benzer habitatlara sahip oldukları iddiası

ile açıklanamaz. Çünkü Galápagos kurak, ağaçsız ve volkaniktir. Amerika'da ise zengin tropik yapı baskın olup, oldukça farklıdır. Darwin bu konuyu özellikle çok güzel ifade etmiştir:

> Bir doğabilimci, kıtadan birkaç 100 kilometre uzakta Pasifik'teki bu volkanik adaların sakinlerine baktığında, kendini Amerika kıtasında zanneder. Bu nasıl olabilir? Galápagos Takımadalarında yaratıldığı varsayılan türler neden başka hiçbir yerdekilerle değil de, Amerika'da yaratılmış olanlarla çok bariz benzerlik mührü taşırlar? Yaşam koşullarında, adaların jeolojik doğasında, yükseklik veya ikliminde ya da birkaç sınıfın birbirleriyle ilişkisinin uyumunda, hiçbir şey Güney Amerika kıyılarının şartlarına yakından benzemez: Aslında tüm bu açılardan dikkate değer bir farklılık vardır...Bu gibi olguların alışılmış ayrı yaradılış görüşü ile açıklanması imkansızdır; halbuki burada benimsenen görüş altında, Galápagos adalarının ya kazara taşınma (ben bu doktrine inanmasam da) veya geçmişteki devamlı kara yoluyla Amerika'dan işgalciler almasının mümkün olduğu açıktır...böylesi işgalciler değişimlere açık olacaklardır–ancak kalıtımın ilkeleri halen orijinal anavatanlarını ele verir.

Galápagos için geçerli olan diğer okyanus adaları için de geçerlidir. Juan Fernández'in endemik bitki ve hayvanlarının en yakın akrabaları, en yakın kıta olan Güney Amerika'nın güneyindeki ılıman ormanlardan gelirler. Hawaii'deki türlerin büyük çoğunluğu yakınındaki Hint-Pasifik bölgesindeki yani Endonezya, Yeni Gine, Fiji, Samoa ve Tahiti'dekilere ya da Amerika'dakilere benzer (fakat aynı değil). Şimdi rüzgârların düzensizliği ve okyanus akıntılarının yönü düşünüldüğünde, *her bir* ada işgalcisinin en yakın kaynaktan gelmesini bekleyemeyiz. Örneğin, Hawaii bitki türlerinin % 4'ünün en yakın akrabaları Sibirya veya Alaska'dadır. Yine de, ada türlerinin en yakın anakaradakilere benzerliği bir açıklama gerektirmektedir.

Özetlersek, okyanus adaları kendilerini hem kıtalar hem de kıtasal adalardan ayıran özelliklere sahiptirler. Okyanus adalarının biyotası dengesizdir. Büyük organizma gruplarından yoksundurlar ve farklı adalarda hep aynı gruplar bulunur. Fakat adalarda bulunan organizma çeşitleri ço-

ğunlukla birçok benzer türden (*açılım olgusu*) oluşur ve bunlar, kuş ve böcekler gibi geniş okyanusları aşabilerek en kolay yayılabilen tür çeşitleridirler. Bu okyanus adalarını işgal eden türlere en benzer türler habitatları farklı olmakla birlikte, genellikle en yakın anakarada bulunurlar.

Bu gözlemler birbirlerine nasıl uyar? Basit bir evrimsel açıklama altında anlam kazanırlar. Okyanus adalarının sakinleri, genellikle yakınındaki kıtalardan, bazı nadir durumlarda ise uzak mesafe yayılma yoluyla adayı daha önce işgal etmiş bir türden türemişlerdir. Bir kez ulaştıklarında, bu tesadüfi işgalcilere okyanus adaları rekabetçi ve avcılardan yoksun birçok boş habitat sunduğu için birçok tür oluşturabilirler. Bu durum, türleşme ve doğal seçilimin adalarda neden Hawaii nektar kuşlarında gözlendiği gibi "uyumsal açılım" üretecek şekilde şahlandığını açıklar. Oluştuğu bilinen kazara yayılışları da Darwin'in seçilim, evrim, ortak ata ve türleşme süreçlerine eklerseniz, her şey birbiriyle uyumlu hale gelir. Kısacası, okyanus adaları evrimsel kuramın her bir ilkesini kanıtlar.

Bu örüntülerin genellikle, bir zamanlar bağlantılı oldukları kıtalar ile tür paylaşan kıtasal adalar için (biraz sonra bir istisnasına geleceğiz) geçerli olmadığını hatırlamak önemlidir. Örneğin, Büyük Britanya'nın bitki ve hayvanları, anakara Avrupa ile büyük ölçüde aynı olan türlere sahip, çok daha dengeli bir ekosistem oluşturur. Okyanus adalarının aksine kıtasal adaların kıta ile ilişkisi, türlerinin çoğu yerleştikten sonra kesilmiştir.

Şimdi, okyanus adalarında ve kıtalardaki türlerin ayrı yaratıldıklarını kabul ederek, tartıştığımız örüntüleri açıklayan bir kuram düşünmeyi deneyiniz. Neden bir yaratıcı çiftyaşamlı, memeli, balık ve sürüngenleri okyanus adaları dışında bıraksın fakat kıtasal adalara yerleştirmiş olsun? Neden bir yaratıcı okyanus adalarında benzer türlerin açılımını üretsin fakat kıtasal adalarda üretmesin? Neden okyanus adalarındaki türler en yakınındaki anakaradakilere benzer olarak yaratılmış olsun? Şüphesiz yaratıcının amacının türlerin adalarda evrimleştikleri gibi bir *izlenim oluşturmak* olduğunu varsaymadığımız zaman, bu soruların iyi cevapları yoktur. Hiç kimse yaradılışçıların neden ada biyocoğrafyasını açıklayan cevaplardan tümüyle kaçındıklarını kabullenmeye isteki değildir.

Şimdi son bir varsayımda bulunabiliriz. Anakaradan devirler önce ayrılmış çok yaşlı kıtasal adalar, genç kıtasal adalar ile okyanus adaları arasına denk düşen bir evrimsel örüntü göstermelidirler. Madagaskar ve Yeni Zelanda gibi, kıtalarından sırasıyla 160 ve 85 milyon yıl önce kopmuş yaşlı kıtasal adalar, primatlar ve modern bitkiler gibi birçok grubun evrimleşmesinden önce yalıtılmış olacaklardır. Bu adalar anakaradan bir kez koptuklarında, bazı ekolojik nişleri boş durumdadır. Bu durum daha sonra evrimleşecek olan bazı türlerin başarılı bir şekilde bu nişlere yerleşmelerine ve gelişmelerine kapı açar. Öyle ise bu eski kıtasal adaların gerçek okyanus adalarının bazı biyocoğrafik özelliklerini taşıyan, *bir şekilde* dengesiz flora ve faunaya sahip olmaları gerektiğini öngörebiliriz.

Gerçekten de, bu tam da gördüğümüz şeydir. Madagaskar alışılmadık fauna ve florası ile ünlüdür. Birçok yerli bitki ve şüphesiz kendine özgü lemurları (en ilkel primatlar) bulundurur. Atalarının Madagaskar'a 60 milyon yıl önce ulaşmalarından sonra 75'ten fazla endemik türe çeşitlenmişlerdir. Yeni Zelanda da en iyi bilineni uçamayan kuşları olan birçok yerli türe sahiptir. Bunlar yaklaşık 1500 yılında avlanma sonucu soyu tükenen dört metre boyunda bir canavar olan dev moa, kiwi ve yerde yaşayan şişman kakapo papağanıdır. Yeni Zelanda okyanus adalarının bazı "dengesizliklerini" de gösterir. Sadece birkaç endemik sürüngene, tek bir tür çiftyaşamlıya, her ikisi de yarasa olan iki memeliye (ancak küçük bir fosil memeli yakın zaman önce bulundu) sahiptir. Bir *açılıma* da sahiptir, şimdi hepsi ortadan kalkmış olan 11 moa türü vardı. Okyanus adaları gibi, Madagaskar ve Yeni Zelanda'nın türleri de en yakınındaki anakaralarda bulunanlarla, yani sırasıyla Afrika ve Avustralya'dakilerle akrabadırlar.

Son Söz

BİYOCOĞRAFYANIN ANA DERSİ, sadece evrimin kıtalar ve adalar üzerindeki yaşam çeşitliliğini açıklayabileceğidir. Fakat bunun yanında sunduğu diğer bir ders daha vardır. Dünya üzerindeki yaşamın dağılımı şans ve yasaların bir bileşkesini yansıtır. Şans önemlidir, çünkü bitki ve hayvanların

yayılışı rüzgârlar, okyanus akıntıları ve işgal fırsatı gibi öngörülemeyen düzensizliklere bağlıdır. Eğer ilk ispinoz Galápagos veya Hawaii'ye varmamış olsaydı, bugün buralarda çok farklı kuşlar görebilirdik. Eğer lemur-benzeri atasal bir yaratığın yolu Madagaskar'a ulaşmamış olsaydı, bu ada (ve muhtemelen dünya) hiçbir lemura sahip olmayacaktı. Zaman ve şans kimin ıssız bir adada yalnız kalacağını belirler; bu durum "Robinson Crusoe Etkisi" olarak tanımlanabilir. Fakat yasalar da vardır. Evrimsel kuram yeni ve boş habitatlara ulaşan birçok bitki ve hayvanın, oralarda yaşam kurmak için evrimleşeceğini ve ekolojik nişleri dolduracak şekilde yeni türler oluşturacağını öngörür. Genellikle akrabaları da en yakın ada veya anakarada bulunacaktır. Bu tam olarak tekrar tekrar gördüğümüz şeydir. Evrimin şans ve yasalar arasındaki eşsiz etkileşimi (bir sonraki bölümde göreceğimiz gibi doğal seçilim düşüncesini anlamada kritik öneme sahip bir etkileşim) kavramadan, evrimi anlamak mümkün değildir.

Fakat biyocoğrafyanın öğrettiği dersler daha ileri, biyolojik koruma alanına kadar gider. Ada bitki ve hayvanları, diğer yerlerde yaşayan türlerden, potansiyel rakipler, avcılar ve parazitlerden yalıtılmış olan ortamlarına uyum sağlamışlardır. Adalardaki türler kıtalarda bulunan yaşam çeşitliliğini deneyimlemedikleri için, başkaları ile birlikte yaşamakta çok iyi değillerdir. Öyleyse ada ekosistemleri, habitatlar ve türlere zarar veren işgalcilerce kolayca tahrip edilebilen kırılgan şeylerdir. Bunların en kötüsü, sadece ormanları kesmek ve avlanmakla yetinmeyen ve beraberinde zararlı mahiyeti Frenk inciri, koyun, keçi, sıçan ve karakurbağasını da getiren insandır. Okyanus adalarının birçok eşsiz türü insan etkinliklerinin kurbanı olarak zaten ortadan kalkmıştır ve emin bir şekilde (ve üzülerek) birçoğunun da kısa bir süre sonra yok olacağını öngörebiliriz. Kendi ömrümüz süresince, Hawaii nektar kuşlarının sonunu, Yeni Zelanda kakaposu ve kiwilerinin yok oluşunu, lemurların büyük bir kısmının ortadan kalmasını ve muhtemelen daha az karizmatik fakat ilginç birçok nadir bitkinin kaybına şahit olabiliriz. Her bir tür milyonlarca yıllık bir evrimi temsil eder ve bir kez yok olduğunda asla geri getirilemez. Her biri geçmiş hakkında eşsiz hikâyeler içeren birer kitaptır. Her hangi birini kaybetmek, yaşam tarihinin bir parçasını kaybetmek anlamına gelir.

Bölüm 5

Evrimin Motoru

Antilobun ok gibi hızlı bacaklarına sebep
Hiç bir şey değil fakat kurdun keskin dişleri değil midir?
Hiçbir şey değil fakat kuşları kanatlandıran korku ve
Büyük atmaca başını böylesi gözlerle süsleyen açlık değil midir?

–Robinson Jeffers, "The Bloody Sire" şiirinden.

Evrimin mucizelerinden biri, özellikle Japonya'da yaygın bir avcı olan, dev Asya büyük-eşekarısıdır. Bundan daha korkutucu bir böcek hayal etmek zordur. Dünyanın en büyük eşekarısı, tehditkâr turuncu ve siyah şeritlerle bezeli, beş santimlik vücudu ile başparmağınız kadardır. Böcek avlarını kavramak ve öldürmek için korkunç çeneler ve yılda birkaç düzine Asyalının ölümüne neden olan yarım santimlik bir iğne ile silahlanmıştır. Yedi buçuk santimlik kanatlarıyla saatte 40 km kadar uçabilir (sizin koşmanızdan çok daha hızlı) ve günde 90 km kadar yol alabilirler.

Bu eşekarısı sadece korkunç değil aynı zamanda açgözlüdür. Genç kurtçuk larvaları, ete susamışlıklarını belirtmek için devamlı olarak başlarını kovana vuran, doymak bilmez yeme makinalarıdırlar. Bu insafsız yeme isteklerini doyurmak için, yetişkin eşekarıları sosyal balarıları ve yabanarılarının yuvalarını basarlar.

Büyük eşekarısının birincil kurbanlarından biri, buraya sonradan getirilmiş olan Avrupa balarısıdır. Bir balarısı yuvasına baskın, doğada çok

az benzeri bulunan acımasız kitlesel bir katliamı kapsar. Bu, bir eşekarısı kâşifinin bir yuva bulmasıyla başlar. Kâşif abdomeni ile balarısı kolonisinin girişine yakın bir yere bir damla feromon bırakarak, yuvayı saldırı için işaretler. Bu işaret ile uyarılan kâşifin yuvadaşları, 30 bin balarısı bulunduran bir koloniye karşı, 20-30 bireylik bir eşekarısı birliği olarak bu noktaya inerler.

Fakat bu eşit güçlerin savaşı değildir. Kıyıcı çeneleri ile kovana dalan eşekarıları, balarılarının başlarını bir bir vücutlarından ayırırlar. Bir eşekarısının dakikada 40 kadar balarısı öldürmesiyle, savaş birkaç saat içinde sonlanır. Tüm balarıları öldürülmüştür ve kovan vücut parçalarının bir çöp yığınıdır. Daha sonra eşekarıları kilerlerini doldurmaya başlarlar. İzleyen hafta boyunca, sistemli bir şekilde yuvayı yağmalarlar. Balı yerler ve savunmasız balarısı kurtçuklarını hızla kendi obur yavrularının açık ağızlarına bıraktıkları yuvalarına taşırlar.

Şair Tennyson'un tanımladığı gibi "Doğanın dişleri ve pençeleri kanlıdır."[23] Büyük eşekarıları acımasız av makinalarıdırlar ve buraya getirilmiş balarıları savunmasızdır. Fakat bu dev eşekarılarını *püskürtebilen* balarıları vardır. Yerli Japon balarıları. Bu savunma göz kamaştırıcıdır ve uyumsal davranışın bir diğer mucizesidir. Kâşif bir eşekarısı kovanlarına ilk vardığında, girişe yakın balarıları eşek arısını içeri çekecek ve yuvadaşlarını da savunmaya çağıracak şekilde telaşla içeri koşarlar. Aynı anda yüzlerce işçi yuva girişinde toplanır. Eşekarısı içeri girdiğinde, sıkı bir arı topu ile etrafı kuşatılır ve sarılır. Abdomenlerini titreştirerek, balarıları kısa zamanda topun içindeki sıcaklığı 47 dereceye kadar yükseltirler. Balarıları bu sıcaklıkta yaşayabilirler fakat eşekarısı yaşayamaz. Yirmi dakika içinde eşekarısı öncüsü *kızartarak* öldürülür ve çoğu kez yuva kurtarılır. Hayvanların düşmanlarını kızartarak öldürdükleri başka bir örnek (İspanyol Engizisyonunu ayrı tutarsak) düşünemiyorum.[24]

Bu buruk hikâyede birkaç evrimsel ders vardır. En açık olanı eşekarısının öldürmeye müthiş bir şekilde uyarlandığıdır. Adeta kitlesel katliamlar için *tasarlanmış* gibi görünmektedir. Üstelik arıyı bir ölüm makinası yapmak için birçok özellik birlikte çalışmaktadır. Bunlar vücut şekli (büyüklük, iğne, ölümcül çeneler ve büyük kanatlar) ve davranıştır (hızlı uçuş, arı yuvasına koordineli saldırı ve saldırıyı kışkırtan larvaların "ben açım" davranışı). Sonra yerli balarılarının savunması vardır. Koordineli toplanma ve sonrasında düşmanın kızartılması, şüphesiz eşekarılarının sürekli

saldırılarına karşı bir cevap olarak evrimleşmiştir (bu davranışın kalem ucundan dalıa küçük bir beyine genetik olarak şifrelendiğini hatırlayın).

Diğer taraftan, yakın zamanda buraya getirilmiş olan Avrupa balarıları, büyük eşekarılarına karşı neredeyse savunmasızdır. Bu dev avcı eşekarılarından yoksun alanlarda evrimleşmişlerdir ve bu yüzden doğal seçilimin bu arılar için bir savunma inşa etmemiş olması tam da bekleyeceğimiz şeydir. Eğer eşekarıları yeterli ölçüde güçlü avcılar ise, Avrupa balarılarının ya ortadan kalkacaklarını (tekrar getirilmez iseler) ya da eşekarılarına karşı kendi evrimsel cevaplarını (yerli arılarınkinin aynısı olmak zorunda değil) bulacaklarını öngörebiliriz.

Bazı uyumlar dalıa da netameli taktikler gerektirir. Bunlardan biri, bir Orta Amerika karınca türünü parazitleyen yuvarlak kurtları kapsar. Karınca enfekte olduğunda, davranış ve görünüşünün her ikisinde de radikal bir değişim görülür. İlk önce, normalde siyah olan abdomeni parlak kırmızıya döner. Dalıa sonra karınca hareketsiz hale gelir ve açılan bir kırmızı bayrak gibi abdomenini havaya diker. Abdomen ve toraks arasındaki ince bağlantı dayanıksız ve güçsüz hale gelir. Enfekte karınca saldırıya uğradığında artık alarm feromonu üretmez, böylece yuvadaşlarını uyarmaz.

Tüm bu değişimler, kendini çoğaltmak için dâhice bir hile olarak parazit kurtçuğun genleri tarafından meydana getirilir. Kurtçuk, kendisini kuşlara leziz bir meyve gibi sunan karıncanın davranış ve görünüşünü değiştirir. Karınca böyle yapmakla kendi sonunu hazırlar. Tüm kuşlarca görülmesi için meyve benzeri kırmızı karınca abdomeni havaya dikilir; karıncanın hareketsizliği ve abdomen ile vücudun geri kalan kısımları arasındaki bağlantının zayıflığı nedeniyle kolayca koparılır. Kuşlar kurtçuk yumurtası ile dolu bu abdomenleri yerler. Kuşlar daha sonra bu yumurtaları karıncaların beslendikleri ve yuvalarına larvalarını beslemek için götürdükleri dışkılarına geçirirler. Kurtçuk yumurtaları karınca larvası içinde açılır ve büyür. Karınca larvası pupa olduğunda, kurtçuklar daha fazla yumurta üretmek üzere karıncanın abdomenine göçer ve çiftleşirler. Böylece döngü yeniden başlar.

Bunun gibi çok şaşırtıcı uyumlar, yani parazitlerin sadece genlerini aktarmak için taşıyıcısını kontrol eden birçok yol bulması evrimcilerin ağzını sulandırır.[25] Doğal seçilim basit bir kurtçuk üzerinde çalışarak, konağını yönetmeye, karşı konulmaz yalancı bir meyveye dönüştürecek şekilde konağın görünüş, davranış ve yapısında değişime neden olmuştur.[26]

Bu gibi uyumlar sonsuz sayıdadır. Hayvanların kendilerini düşmanlarından korunmak için kamufle edecek şekilde bitkilere benzettikleri uyumlar vardır. Örneğin bazı çalıçekirgeleri yaprak benzeri desenlerle ve hatta yapraktaki deliklere benzer "çürük benekler" ile neredeyse tam bir yaprağa benzerler. Mimikri (taklit) o kadar kusursuzdur ki, az çok doğadaki gibi, vejetasyon dolu küçük bir kafeste böceği bulmanız zor olacaktır.

Bunun tersi durumlar da vardır: Bitkiler hayvanlara benzerler. Bazı orkide türleri yalancı göz noktaları ve kanat benzeri taç yapraklarıyla, görünüş olarak balarısı ve yabanarılarına benzeyen çiçeklere sahiptirler. Bu benzerlik, böceğe konan ve onunla çiftleşmeye çalışan birçok dikkatsiz erkek böceği kandıracak kadar iyidir. Bu olurken, orkidenin polen torbası böceğin başına yapışır. Sinirli böcek hevesini almadan ayrıldığında, bilmeden polenleri bir sonraki orkideye taşır ve bir sonraki verimsiz "yalancı çiftleşme" sırasında çiçeği döller. Tozlaştırıcıları çeken genlerin bu yolla bir sonraki kuşağa geçmeleri çok daha olası olduğundan, doğal seçilim orkideyi yalancı bir böceğe dönüştürmüştür. Bazı orkideler daha da ileri giderek, arıların eşey feromonları gibi kokan kimyasallar üretmek yoluyla tozlaştırıcılarının akıllarını çelerler.

Besin bulmak, bir eş bulmak gibi karmaşık uyumlar gerektirebilir. Kuzey Amerika'nın en büyük ağaçkakanı olan ibikli bir kuş, yani tepeli ağaçkakan hayatını ağaçlara delik açarak ve buradan karınca ve kınkanatlı gibi böcekleri çıkararak kazanır. Ağaç kabuğu altındaki avları saptamadaki mükemmel yeteneği yanında (muhtemelen hareketlerini duyarak veya hissederek—emin değiliz), bu ağaçkakanın ağaçları delmesine ve avlanmasına yardımcı olan bütün donanımı vardır. Belki de bunlardan en dikkate değer olanı, şaşırtıcı derecede uzun olan dilleridir.[27] Dilin tabanı çene kemiğine bağlıdır ve daha sonra dil bir burun deliğinden geçer, bütünüyle başın üstü ve arkasından dolaşır ve sonunda gagaya aşağıdan tekrar girer. Zamanın çoğunda dil geri çekilmiş olarak durur fakat karınca ve kınkanatlıları toplamak için bir sonda gibi ağacın derinliklerine uzatılabilir. Bu lezzetli böcekleri deliklerden çıkarmak için sivrilmiştir ve yapışkan bir tükürükle kaplıdır. Tepeli ağaçkakanlar ayrıca gagalarını geniş yuva çukurları açmak, eş çekmek ve savunaklarını (egemenlik alanı veya teritoryum) korumada ağaçlara vurmak için kullanırlar.

Bu ağaçkakanlar biyolojik bir havalı matkaptırlar. Bu durum bir problem oluşturur. Narin yapılı bir yaratık kendini incitmeksizin nasıl olur-

da sert odununu delebilir? (Bir çiviyi bir tomruğa çakmanın gerektirdiği kuvveti düşünün). Tepeli ağaçkakanın kafatasının ödediği ceza hayret vericidir. Kuş iletişim için "davul çaldığında" saniyede 15 vuruşa kadar çıkabilir, her vuruşun ürettiği güç ise kafanızı saatte 25 km hızla bir duvara çarpmakla eşdeğerdir. Bu hız arabanızı çökertebilecek bir hızdır. Ağaçkakanın aşırı güç altında beynine ciddi zarar vermesi ve hatta gözlerinin yuvalarından fırlaması tehlikesi vardır.

Beyin hasarını önlemek için ağaçkakan kafatası özel biçimde şekillenmiş ve fazladan kemikle desteklenmiştir. Gaga kıkırdak bir yastığa oturur ve gaganın etrafındaki kaslar, patlamanın gücünü beyinden uzaklaştırmak ve kafatasının güçlendirilmiş tabanına yöneltmek için, her vuruştan biraz önce kasılırlar. Her vuruş süresince, gözlerin fırlamasını önlemek için kuş göz kapaklarını kapatır. Ayrıca burun deliklerini örten ince bir telek yelpaze vardır. Böylece kuş delme sırasında odun talaşı veya kıymığı solumaz. Ağaca dayanmak için bir küme sert kuyruk teleği kullanır ve gövdeye güvenli biçimde tutunmak için X-şeklinde dört pençeli ayaklara (ikisi öne ikisi arkaya yönelmiş) sahiptirler.

Doğada baktığımız her yerde, ortamlarına uymak için iyi biçimde tasarlanmış *görünen* hayvanlar görürüz. Bu ortam ya sıcaklık ve nem gibi fiziksel yaşam şartları ya da her türün uğraşmak zorunda olduğu rekabetçiler, avcılar ve av gibi diğer organizmalardır. Erken dönem doğa bilimcilerinin hayvanların ilahi tasarımın ürünleri oldukları ve görevlerini yapmak için Tanrı tarafından yaratıldıklarına inanmaları sürpriz değildir.

Darwin bu düşünceyi *Türlerin Kökeni*'nde kırdı. Bir tek bölümde ilahi tasarım konusundaki yüzyılların tartışmasız kabulüne sorgulamayan, maddeci bir süreç yani doğal seçilim düşüncesi ile varılabileceğini gösterdi. Bu anlayışın sadece biyolojiye değil, fakat insanların dünya görüşüne etkisine aşırı değer biçmemek zordur. Birçokları halen şoktan kurtulamamıştır ve doğal seçilim düşüncesi halen öfkeli ve akıldışı karşıtlık uyandırmaktadır.

Ancak doğal seçilim bunun yanında biyoloji için birçok soru da doğurdu. Doğada işlediğinin kanıtı nedir? Karmaşık olanlarda dâhil uyumları gerçekten açıklayabilir mi? Darwin iddiasını savunmak için büyük ölçüde analojiye yaslandı. Yetiştiricilerin hayvan ve bitkileri besin, evcil hayvan, dekorasyon için elverişli organizmalara dönüştürmedeki iyi bilinen başarılarını kullandı. Fakat o dönemde, doğal populasyonlarda işleyen seçilim için çok az doğrudan kanıta sahipti. Darwin'in önerdiği gibi,

seçilim populasyonları binlerce veya milyonlarca yıl boyunca değiştirecek şekilde oldukça yavaş olduğundan, bir insan yaşamı boyunca işlediğini gözlemlemek oldukça zor olacaktır.

Neyse ki, arazi ve laboratuvar biyologlarının çabaları sayesinde, şimdi çok sayıda kanıta sahibiz. Doğal seçilimi bireyleri dikkatlice ele alan, uyumlu olmayanı ayıklayan ve uyumlu olanların genlerini teşvik eden şekilde, her yerde görmekteyiz. Bazen doğal seçilim şaşırtıcı derecede kısa bir sürede karmaşık uyumlar yaratabilir.

Doğal seçilim Darwinizm'in en yanlış anlaşılan kısmıdır. Nasıl çalıştığını görmek için basit bir uyuma, yabani faredeki kürk rengine bakalım. Normal renkli veya "eski arazi" faresi (*Peromyscus polionotus*) kahverengi kürke sahiptir ve koyu topraklarda barınır. Fakat Florida Körfezi kıyılarındaki açık renkli kumullarda, aynı türün "plaj faresi" olarak adlandırılan açık renkli bir soyu yaşar. Bunların tamamına yakını, sadece arkalarının alt kısmında solgun bir kahverengi şerit olan, beyaz hayvanlardır. Bu açık renk, beyaz kumullarda avlanan şahin, baykuş ve balıkçıl gibi avcılardan fareyi gizleyen bir uyumdur. Bunun bir uyum olduğunu nasıl *biliyoruz?* Kansas State Üniversitesi'nden Donald Kaufman'ın basit (gerçi biraz ürkütücü) bir deneyi, kürk renkleri ile yaşadıkları toprağın rengi uyuştuğu zaman farelerin daha iyi hayatta kaldıklarını gösterdi. Kaufman dışarda, bazıları koyu bazıları açık renk topraklara sahip büyük kapalı alanlar inşa etti. Her kafese eşit sayıda koyu ve açık kürk rengine sahip fareler koydu. Daha sonra, hangi farelerin hayatta kaldığını görmek için geri dönmek üzere, her kafese oldukça aç birer baykuşu bıraktı. Beklendiği gibi, kamufle farelerin gerçekten de daha iyi hayatta kaldıklarını gösterecek şekilde, kürkleri toprakla en belirgin şekilde zıt olan fareler daha kolayca avlandı. Bu deney doğada gördüğümüz genel bir örüntüyü de açıklar. Daha koyu topraklarda daha koyu fareler yaşar.

Beyaz renk plaj farelerine özgü olduğundan, bir bariyer adaları ve beyaz kumulları ana karadan ilk kez 6 bin yıl kadar önce yalıttığı zaman, muhtemelen kahverengi anakara farelerinden evrimleşmeye başladılar. Bu seçilimin devreye girdiği yerdir. Eski-arazi farelerinin kürk rengi çeşitlilik gösterir ve açık plaj kumunu işgal edenler arasında, daha açık renkli kürke sahip olanlar, avcılar tarafından kolayca görülen koyu renklilere göre daha yüksek yaşama şansına sahip olacaklardır. Ayrıca açık ve koyu kürklü fareler arasında genetik bir farklılık olduğunu da biliyoruz. Plaj

fareleri birlikte açık kürk rengini verdikleri birkaç pigmentasyon geninin "açık" renk veren formlarını taşırlar. Daha koyu eski-arazi fareleri aynı genin alternatif "koyu" renk veren formuna sahiptirler. Zaman içince, avlanma farklılığı nedeniyle, daha açık renkli fareler açık renk genlerinin daha fazla kopyalarını korumuş olmalı (üremek için daha fazla yaşam şansına sahiptirler) ve bu süreç nesiller boyunca devam ettiğinde, plaj faresi populasyonu koyudan açık renge evrimleşmiş olmalıdır.

Burada ne olmuştur? Kürk rengi üzerine işleyen doğal seçilim, hayatta kalma ve üremeyi sağlayan genetik varyantların (açık renk genleri) oranını arttırarak, sadece bir populasyonun genetik bileşimini değiştirmiştir. Ben doğal seçilimin *iş başında* olduğunu söylediğimde, bu gerçekte tam olarak doğru değildir. Seçilim bir populasyona dışardan dayatılan bir mekanizma değildir. Daha doğrusu, daha iyi uyum üreten genlerin zaman içinde nasıl daha yaygın hale geldiklerini tanımlayan bir *süreçtir.* Biyologlar doğal seçilimin bir özellik "üzerinde" işlediğini söylediklerinde, sadece bu özelliğin bu süreçten geçtiğini kısaca ifade etmek için kullanıyorlar. Burada bir amaç veya bilinçli bir çaba yoktur. Eğer bir tür doğru tarzda bir genetik varyasyona sahipse, yaşam ortamına uyum kaçınılmazdır.

Doğal seçilim yoluyla bir uyum oluşturmada üç şey işe karışır. Birincisi, başlangıç populasyonu çeşitli olmak zorundadır. Bir populasyondaki fareler kürk renklerinde bazı farklılıklar göstermelidir. Diğer türlü bu özellik evrimleşemez. Fare örneğinde, anakara populasyonlarındaki fareler kürk renginde bazı farklılıklar gösterdiğinden, bunun doğru olduğunu biliyoruz

İkincisi, bu varyasyonun bir kısmının genlerin formlarındaki değişimlerden kaynaklanması, yani varyasyonun bazı genetik temellerinin (*kalıtım* olarak adlandırılır) olması gerekir. Eğer koyu ve açık renkli fareler arasında hiçbir genetik farklılık yoksa açık renkli olanlar yine de kumullarda daha iyi hayatta kalabileceklerdir fakat kürk rengi farklılığı sonraki kuşağa geçmeyecektir ve hiçbir evrimsel değişim olmayacaktır. Bu genetik gerekliliğin bu farelerde karşılandığını da biliyoruz. Gerçekten de, koyu/açık renk farklılığı üzerinde hangi iki genin büyük ölçüde etkili olduğunu tam olarak biliyoruz. Bunlardan biri, mutasyonları evcil kedilerde siyah renk üreten aynı gen olan *Agouti* genidir. Diğeri *Mc1r* olarak bilinir ve mutant formlarından biri de insandadır. Çil ve kızıl saç oluşturan bu gen özellikle İrlanda populasyonunda yaygındır.[28]

Genetik varyasyonun kaynağı nedir? Genellikle hücre bölünmesi sırasında DNA molekülü kopyalanırken açığa çıkan hatalar olarak DNA dizisindeki kazara değişimler olan *mutasyonlardır*. Mutasyonlarca üretilen genetik varyasyon çok yaygındır. Örneğin genlerin mutant formları insan ve diğer türlerde göz rengi, kan grubu, boy, ağırlık, biyokimya ve sayısız diğer özelliğimizdeki varyasyonu açıklar.

Birçok laboratuvar deneyi temelinde bilim insanları mutasyonların rastgele oluştuğu sonucuna vardılar. "Rastgele" teriminin burada biyologlarca bile sıklıkla yanlış anlaşılan özel bir anlamı vardır. Buradaki anlamı *mutasyonların bir birey için yararlı olup olmayacaklarına bakılmaksızın ortaya çıkmalarıdır*. Mutasyonlar açıkça DNA replikasyonundaki hatalardır. Çoğu zararlı veya nötrdür fakat birkaçı yararlı çıkabilir. Yararlı olanlar evrimin hammaddesini oluştururlar. Ancak bir organizmanın şu anki uyumsal gereksinimlerini karşılayacak bir mutasyon olasılığını arttırmanın biyolojik bir yolu bilinmemektedir. Kumullarda yaşayan fareler için daha açık kürke sahip olmak daha iyi olmakla beraber, böylesi bir mutasyon edinme şansları koyu toprakta yaşayan farelerden yüksek değildir. Öyle ise mutasyonları "rastgele" olarak adlandırmak yerine, "farksız" olarak adlandırmak daha doğru görünmektedir. Bir mutasyonun ortaya çıkma şansı bireye fayda veya zararından bağımsız olarak farksızdır.

Doğal seçilimin üçüncü ve son yönü, genetik varyasyonun bir bireyin yavru bırakma olasılığını etkilemek zorunda oluşudur. Fare örneğinde Kaufman'ın avlanma denemeleri, en kamufle farelerin daha fazla gen kopyaları bırakacaklarını gösterdi. Bu durumda, plaj farelerinin beyaz renginin bir uyumsal özellik olarak evrimleşmiş olması, doğal seçilimin bütün ölçütlerini karşılamaktadır.

Öyle ise, seçilim ile evrim rastlantı ve yasaların bir bileşkesidir. İlk önce "rastgele" (veya "farksız") bir süreç vardır. Hem iyi hem de kötü (fare örneğinde yeni kürk rengi tipleri) genetik varyantların bir takımını oluşturan mutasyonların açığa çıkışı görülür. İkinci olarak, bu varyasyonu düzene sokan, iyi olanı saklayan ve kötü olanı atan (kumullarda koyu renk aleyhine açık renk genlerinin artışı) "yasa" süreci yani doğal seçilim devreye girer.

Bu şüphesiz Darwinizm konusunda en yaygın yanlış anlaşılmanın ne olduğunu da ortaya koyar. Bu, evrimde "her şeyin şansa bağlı olarak

gerçekleştiği" düşüncesidir ("her şeyin kazara olduğu" şeklinde de ifade edilir). Bu yaygın iddia kesinlikle yanlıştır. Hiçbir evrimci ve kesinlikle Darwin doğal seçilimin şansa bağlı olduğunu ileri sürmemiştir. Tam tersine. Bütünüyle rastgele bir süreç tek başına, delik açan bir ağaçkakan, yalancı bir orkide arı veya kamufle bir çalıçekirgesi ya da plaj faresi yapabilir mi? Şüphesiz yapamaz. Eğer evrim aniden sadece rastgele mutasyonlara bağlı olmaya zorlanırsa, türler hızlıca bozulacak ve yok olacaklardır. Şans tek başına bireyler ve çevreleri arasındaki muhteşem uyumu açıklayamaz.

Evet, açıklamadı da. Evrim için hammaddenin, yani bireyler arasındaki varyasyonun gerçekten de şans eseri oluşan mutasyonlarınca üretildiği doğrudur. Bu mutasyonlar birey için iyi veya kötü olmalarına bakılmaksızın plansız olarak ortaya çıkarlar. Fakat bu uyumları üreten *varyasyonların doğal seçilimce süzülmesidir* ve doğal seçilim açık biçimde rastgele *değildir*. Diğerlerine göre daha fazla aktarılma şansı olan genleri biriktiren, etkili bir şekil verme gücüdür ve bunu yaparken bireyleri çevreleri ile başa çıkmak için daha iyi hale getirir. Öyle ise organizmaların nasıl uyum gösterdiklerini bize söyleyen mutasyon ve seçilimin yani şans ve yasanın eşsiz bir bileşkesidir. Richard Dawkins doğal seçilimin en kısa tanımını sunmuştur: "Rastgele varyantların rastgele olmayan hayatta kalışlarıdır."

Doğal seçilim kuramının biyolojide büyük bir işlevi vardır. Görevi her bir uyumun öncül özelliklerden adım adım nasıl evrimleştiğini açıklamaktır. Bu sadece vücut şekli ve rengini değil, fakat her şeyin temelini oluşturan moleküler özellikleri de kapsar. Seçilim kanın pıhtılaşması, besini enerjiye dönüştüren metabolik sistemler, binlerce yabancı proteini tanıyan ve yıkan olağanüstü bağışıklık sistemi gibi karmaşık fizyolojik özelliklerin evrimini açıklamak zorundadır. Peki, genetiğin kendi ayrıntılarına ne demeli? Yumurta ve sperm oluştuğunda kromozom çiftleri neden ayrılırlar? Bazı türlerde görülen bölünen klonlar yerine, neden sebepsiz eşeyli üremeye sahibiz? Seçilim hem işbirliği hem de karşıtlık davranışlarını açıklamalıdır. Aslanlar bir sürü içinde işbirliği yaparak avlanmalarına rağmen, neden sosyal bir gruptaki mevcut erkeğin yerine zorla geçen işgalci erkek, kendisinin olmayan emzikteki bütün yavruları öldürmektedir?

Evet, seçilim bu özellikleri belli bir yoldan işlemelidir. İlk önce, genellikle de kademeli olarak bunları öncüllerinden adım adım yaratmalıdır.

Gördüğümüz gibi, her yeni evrimleşen özellik, daha önceki bir özelliğin değişmesiyle başlar. Örneğin, dört üyelilerin bacakları açıkça değişmiş yüzgeçlerdir. Sürecin her adımı ve uyumun her ayrıntısı bulunduğu bireye üreme yararı sağlamak zorundadır. Eğer bu olmaz ise seçilim çalışmaz. Yüzmek için gerekli yüzgeçten yürümek için bacağa geçişte her bir adımın avantajı neydi? Ya da teleksiz bir dinozordan telek ve kanatların ikisine de sahip bir dinozora? Bir uyumun evriminde hiçbir "tepeden aşağı" gidiş yoktur. Seçilim kendi doğası gereği, taşıyıcısına yarar sağlamayan hiçbir adımı yaratmaz. Uyumlar dünyasında uzun yol şoförlerinin belası olan işaretleri asla görmeyiz: "Geçici rahatsızlık–daimi rahatlık".

Eğer uyumsal bir özellik yaratılmak yerine doğal seçilim ile evrimleşmişse, bazı öngörülerde bulunabiliriz. Birincisi, ilkesel olarak her bir adımın taşıyıcısının *uyum gücünü* (yani yavrularının ortalama sayısını) arttıran bu özelliğin evrimi için adım adım ilerleyen inandırıcı bir senaryo hayal edebilmeliyiz. Karasal hayvanları balinalara dönüştüren kademeli iskelet değişimleri gibi bazı özellikler için bu kolaydır. Özellikle fosil kayıtlarda hiçbir iz bırakmayan biyokimyasal yolaklar gibi diğerleri için daha zordur. Birçok özelliğin evrimini yeniden yapılandırmak veya yokolmuş türlerde bu özelliğin tam olarak ne işe yaradığını anlamak için yeterli bilgiye hiçbir zaman sahip olmayabiliriz (gerçekten *Stegosaurus*'un sırtındaki kemiksi plakalar ne içindi?). Ancak biyologların, evrimin mutlak olarak bireylerin uyum gücünü düşüren bir ara adım *gerektirmeyen* tek bir uyum bulamadıkları, sadece bir söylentidir.

İşte diğer bir gereklilik. Bir uyum *taşıyıcısının üreme çıktılarını* arttıracak şekilde evrimleşmek zorundadır. Hangi genin bir sonraki kuşağa geçeceğini ve evrime neden olacağını belirleyen hayatta kalma değil üremedir. Şüphesiz bir geni bir sonraki kuşağa aktarmak için öncelikle döl verebilecek yaşa kadar yaşamanız gerekir. Diğer taraftan, sizi üreme yaşından *sonra* çökerten bir genin hiçbir evrimsel dezavantajı yoktur. Bir gen gençliğinizde üremenize yardım ediyor fakat yaşlılığınızda sizi öldürüyorsa, gerçekten de desteklendiği sonucuna varabiliriz. Böylesi genlerin doğal seçilim yoluyla birikmesi, gerçekten de yaşlandığımızda birçok açıdan neden gerilediğimizi ("senesens") büyük ölçüde açıkladığı düşünülmektedir. Gençliğinizde birçok dişiyi döllemenize yardımcı olan aynı genler,

yaşamınızda daha sonra kırışıklıklar ve büyümüş bir prostat bezi verebilir.

Doğal seçilimin nasıl çalıştığı düşünüldüğünde, bir bireyin üremesini desteklemeksizin hayatta kalmasına yardımcı olacak uyumlar ürememelidir. Bir örnek insan dişilerinin menopozdan sonra hayatta kalmasına yardım eden bir gen olabilir. Bir türdeki bir uyumun sadece diğer bir türün üyelerine yarar sağladığını görmeyi de beklemeyiz.

Bu son öngörüyü, bir türün ikinci bir türün üyeleri için yarar sağlayan özelliklerine bakarak sınayabiliriz. Eğer bu özellikler seçilim sonucu açığa çıkmışlarsa, bunların sadece birinci tür için yararlı olacaklarını öngördük. Saldırgan, sokucu karınca kolonileri için yuva işlevi gören şişkin, içi boş dikenlere sahip tropik akasya ağaçlarını alalım. Ayrıca bu ağaçların yaprakları karıncalara besin oluşturan nektar salgılar ve proteince zengin oluşumlar üretir. Ağaç kendi zararlarına bu karıncaları barındırır ve besler gibi görünmektedir. Bu durum öngörümüze zıt değil midir? Asla değildir. Gerçekte, karınca bulundurmak ağaca büyük fayda sağlar. Birincisi, bir yaprak ziyafeti için gelen otçul böcek ve memeliler kızgın bir karınca sürüsü tarafından püskürtülürler. Benim Kosta Rika'da bir akasyaya yaslandığımda acıyla keşfettiğim gibi. Ayrıca karıncalar ağacın kökü etrafındaki fideleri keserler. Bunlar büyüdüklerinde ağaç ile besin ve ışık açısından rekabete edebilecek fidelerdir. Kendisini hem avcıları hem de rekabetçilerinden koruyan karıncalara yardım eden akasyaların, bunları yapma yeteneği olmayan akasyalara göre daha fazla tohum üretebileceklerini görmek kolaydır. Bir türün bir diğerine yardım için bir şey yaptığı her durumda, o tür aslında her zaman kendisine yardım etmektedir. Bu evrimin doğrudan bir öngörüsüdür ve özel yaratılış veya akıllı tasarım fikrinin bir sonucu değildir.

Uyumlar daima *bireyin* uyum gücünü arttırırlar; bir grubun ya da türün uyum gücünü arttırmaları gerekmez. Doğal seçilimin "türün yararına çalıştığı" yaygın düşüncesi bir saptırmadır. Gerçekte, evrim bir bireye yarar sağlarken türe bir bütün olarak zarar verebilen özellikler üretebilir. Bir grup erkek aslan, bir aslan sürüsünün mevcut erkeğini yerinden ettiklerinde, bunu çoğunlukla emzikte olan yavruların korkunç bir katliamı izler. Bu davranış yokoluş olasılığını arttıracak şekilde toplam aslan sayısını azalttığı için tür için kötüdür. Fakat bu kısa zamanda dişileri dölleme

(emzirmedikleri için yeniden çiftleşmeye hazır hale gelirler) ve öldürdükleri yavruların yerine kendi döllerini koymayı sağladığından zorba aslanlar için iyidir. Rahatsız edici olsa da, yavru öldürmeye neden olan genlerin işgalci erkeklerin akraba olmadıkları yavrulara sadece bakmalarını sağlayan "iyi" genler aleyhine nasıl yayılacağını görmek kolaydır. Evrimin öngördüğü gibi, birey aleyhine türe yarar sağlayan uyumları asla görmeyiz. Bu, eğer organizmalar iyiliksever bir yaratıcı tarafından tasarlanmış olsalardı bekleyebileceğimiz bir şeydir.

Seçilim Olmaksızın Evrim

ŞİMDİ BURADA KISA BİR PARANTEZ AÇALIM, çünkü doğal seçilimin evrimsel değişime neden olan tek süreç olmadığını bilmek önemlidir. Çoğu biyolog evrimi bir populasyondaki alellerin (bir genin farklı formları) oranındaki değişim olarak tanımlar. Örneğin, bir fare populasyonundaki Agouti geninin "açık-renk" formunun sıklığı arttığında, populasyon ve kürk rengi evrimleşir. Ancak böylesi değişimler başka yolardan da gerçekleşir. Her birey her bir genin aynı veya farklı olabilen iki kopyasına sahiptir. Her eşeysel üremede, bir ebeveyninden gen çiftinin bir üyesi, diğer ebeveyninden gelen biri ile yavruya aktarılır. Ebeveynlerdeki her çiften hangi birinin sonraki kuşağa aktarılacağı kura ile belirlenir. Örneğin AB kan grubuna sahipseniz (bir "A" aleli ve bir "B" aleli) ve sadece bir çocuk yaparsanız, çocuğunuzun sizin A alelinizi alma şansı sadece % 50 ve aynı şekilde B alelinizi alma şansı % 50'dir. Tek çocuklu bir ailede, alellerinizden birinin kayıp olacağı kesindir. Sonuç şöyledir; ebeveynlerin genleri ödülü bir sonraki kuşakta temsil edilmek olan bir çekilişe katılırlar. Döl sayısı sınırlı olduğundan, döllerde bulunan genlerin sıklıkları ailelerinde bulunan sıklıkların tamamen aynısı olmayacaktır. Genlerin bu "örneklenmesi" tıpkı yazı tura atmaya benzer. Parayı her havaya atışta tura gelme şansı % 50 olmakla beraber, parayı sadece birkaç kez havaya attığınızda sonuçların beklenenden sapma şansı oldukça yüksektir (örneğin, dört denemenin hepsinde yazı veya tura gelme olasılığı sadece % 12'dir). Öyle ise, özellikle küçük populasyonlarda, farklı alellerin oranı zaman içinde sadece şansa bağlı olarak değişebilir. Yarışmaya yeni bir mutasyon katılabilir ve sıklığı bu rastgele örnekleme nedeniyle kendiliğinden azalabilir veya artabilir.

En sonunda, bu "rastgele yürüyüş" genlerin bir populasyonda sabitlenmesi (yani sıklıklarının yüzde 100 olması) veya tersine bütünüyle ortadan kalkması ile bile sonuçlanabilir.

Zaman içinde gen sıklıklarında meydana gelen böylesi rastgele değişimler *genetik sürüklenme* olarak adlandırılır. Alel frekansında zaman içinde değişimleri kapsadığından, evrimin meşru bir şeklidir fakat doğal seçilimden kaynaklanmaz. Sürüklenmenin neden olduğu evrime bir örnek Amerika'daki Eski Düzen Amiş ve Dunker dini toplumlarındaki kan gruplarının olağandışı sıklıkları (ABO sistemindeki) verilebilir. Bunlar üyeleri kendi içinde evlenen küçük, yalıtılmış dini gruplardır. Bu, tam da genetik sürüklenme ile hızlı evrimin gerçekleşeceği doğru koşullardır.

Örnekleme kazaları, bireylerin bir ada veya yeni bir alana yerleşmelerinde olduğu gibi, sadece birkaç göçmen tarafından bir populasyon kurulduğu zaman da ortaya çıkar. Örneğin Amerikan Yerli populasyonunda B kan grubunu üreten genin neredeyse olmayışı, Asya'dan Kuzey Amerika'ya yaklaşık 12 bin yıl önce geçen küçük bir insan populasyonunda bu genin bulunmayışını yansıtabilir.

Sürüklenme ve doğal seçilimin ikisi de bizim evrim olarak tanımladığımız genetik değişimleri üretir. Fakat önemli bir farkları vardır. Sürüklenme rastgele bir süreçken, seçilim bunun antitezidir. Genetik sürüklenme taşıyıcısına ne kadar yaralı olduğunu gözetmeksizin alel sıklığını değiştirebilir. Diğer yandan, seçilim her zaman zararlı alelleri temizler ve yararlı olanların sıklığını arttırır.

Bütünüyle rastgele bir süreç olan genetik sürüklenme, uyumların evrimine neden olmaz. Hiçbir zaman bir kanat veya bir göz oluşturmaz. Bu rastgele olmayan doğal seçilimin işidir. Sürüklenmenin yapabildiği organizma için ne faydalı nede zararlı olan özelliklerin evrimine neden olmaktır. Her zamanki önsezisiyle Darwin'in kendisi bu düşünceyi *Türlerin Kökeni'nde* ileri sürdü:

> Yararlı varyasyonların korunması ve zararlı varyasyonların atılmasını Doğal Seçilim olarak adlandırıyorum. Ne yararlı ne de zararlı olan varyasyonlar doğal seçilimden etkilenmeyeceklerdir ve muhtemelen polimorfik olarak adlandırılan türlerde gördüğümüz gibi, kararsız elementler olarak kalacaklardır.

Aslında, genetik sürüklenme sadece uyumlar yaratmakta güçsüz değildir fakat gerçekte doğal seçilime *baskın* gelebilir. Özellikle küçük populasyonlarda, seçilim karşıt yönde çalışmasına rağmen, örnekleme etkisi zararlı genlerin sıklığını arttıracak şekilde çok yüksek olabilir. Bu neredeyse kesinlikle, kuzey İsveçlilerde Gaucher, Louisiana Cajunlarında Tay-Sachs ve Tristan da Cunha Adası sakinlerinde gece körlüğü (retinitis pigmentosa) hastalığını kapsayan, yalıtılmış insan topluluklarında genetik temelli hastalıkları yüksek sıklıkta görmemizin nedenidir.

DNA veya protein dizilerindeki bazı varyasyonlar, Darwin'in dediği gibi "ne yaralı nede zararlı" (bugün "nötr" diyoruz) olduklarından, böylesi varyantlar özellikle sürüklenme ile evrimleşmeye uygundurlar. Örneğin, bir gendeki bazı mutasyonlar üretilen protein dizisini etkilemezler, yani taşıyıcısının uyum gücünü değiştirmezler. Aynı şey işlevsel olmayan yalancı genlerdeki (hala genomda dolaşan eski gen kalıntıları) mutasyonlar için de geçerlidir. Bu genlerdeki herhangi bir mutasyonun organizmaya bir etkisi yoktur ve sadece genetik sürüklenme ile evrimleşebilirler.

Bu durumda DNA dizilerindeki belli değişimler gibi moleküler evrimin birçok yönünü doğal seçilimden çok genetik sürüklenme açıklayabilir. Ayrıca organizmaların birçok dışsal olarak görülebilen özelliği, özellikle eğer üremeyi etkilemiyorlarsa, sürüklenmeyle evrimleşmeleri de mümkündür. Farklı ağaç türlerinin çeşitli yaprak şekillerinin, örneğin meşe ile akçaağaç yaprakları arasındaki farklılıklar gibi, bir zamanlar genetik sürüklenme ile evrimleşmiş "nötr" özellikler olduğu ileri sürülmüştür. Fakat bir özelliğin mutlak olarak seçilim avantajı *olmadığını* kanıtlamak oldukça zordur. Küçücük bir avantaj bile, yaşanan zamanda biyologlarca ölçülemeyecek veya gözlenemeyecek kadar küçük, jeolojik devirler süresince önemli evrimsel değişimlere yol açabilir.

Evrimde seçilime karşı genetik sürüklenmenin göreli önemi, biyologlar arasında sıcak bir tartışma konusu olarak kalmaktadır. Deve hörgücü gibi her defasında açık bir uyum gördüğümüzde, seçilim için açık kanıtlar görmekteyiz. Fakat evrimini anlamadığımız özellikler genetik sürüklenmeden çok bilgisizliğimizin bir sonucu olabilir. Yine de, genetik sürüklenmenin olmak *zorunda* olduğunu biliyoruz; çünkü sınırlı büyüklükteki her populasyonda üreme sırasında daima örnekleme etkisi vardır. Sürüklenme, birkaç örnekten fazlasına işaret edememekle beraber, muhtemelen küçük populasyonların evriminde çok önemli bir rol oynamıştır.

Bitki ve Hayvan Islahı

DOĞAL SEÇİLİM KURAMI DOĞADA NE TÜR uyumlar bulmayı ve daha önemlisi *bulmamayı* beklememiz gerektiğini öngörür. Böylesi öngörüler doğrulanmıştır. Fakat birçok insan daha fazlasını ister. Doğal seçilimin işbaşında olduğunu *görmek* ve ömürleri süresince evrimsel değişime tanıklık etmek isterler. Doğal seçilimin, sözgelişi balinaların milyonlarca yıl süresince kara hayvanlarından evrimine neden olduğu düşüncesini kabul etmek zor değildir. Fakat bir şekilde seçilim düşüncesi, sürecin gözlerimizin önünde işlediğini gördüğümüz zaman daha zorunlu hale gelir.

Bu seçilim ve evrim düşüncesini gerçek zamanda görme isteği, anlaşılır olmakla beraber tuhaftır. Unutulmamalıdır ki, Büyük Kanyon'un yaşam süremiz içinde derinleştiğini görmemiş olsak bile, Colorado Nehri tarafından yavaş ve hissedilmez şekilde oyularak milyonlarca yılda oluşturulduğunu kolayca kabul ederiz. Fakat bazı insanlar için, jeolojik kuvvetler için zaman tahmini yapma kapasitesi evrime uygulanamaz. Bu durumda seçilimin evrimin önemli bir nedeni olduğunu nasıl belirleyebiliriz? Şüphesiz, balinaları suya döndüren her küçük adımın üreme avantajını görmek için evrimlerini tekrarlatamayız. Fakat eğer seçilimin sadece birkaç kuşak boyunca küçük değişimlere neden olduğunu görebilirsek, milyonlarca yıl içerisinde benzer şekildeki seçilimin fosil kayıtlarda belgelenen büyük uyumlara neden olabileceğini kabul etmek, muhtemelen daha kolay hale gelir.

Evrim için kanıtlar birçok alandan gelir. En açık olanı Darwin'in de doğal seçilime iyi bir paralel olarak fark ettiği gibi bitki ve hayvan ıslahı, yani yapay seçilimdir. Yetiştiricilerin, yabani hayvan ve bitkileri, yemek veya estetik gereksinimlerimizi tatmin etmek için iyi olan bütünüyle farklı formlara dönüştürmede harikalar yarattığını biliyoruz. Bunu yabani atalarındaki mevcut varyasyonları seçerek yaptıklarını biliyoruz. Ayrıca ıslahın, bitki ve hayvan ıslahının sadece birkaç bin yıldır uygulandığını düşündüğümüzde, dikkat çekici derecede kısa zaman periyotlarında büyük değişimler yarattığını da biliyoruz.

Bütün şekil, büyüklük, renk ve mizacını tek bir türden alan evcil köpeği (*Canis lupus familiaris*) ele alalım. Safkan veya melez her biri, insanların 10 bin yıl kadar önce seçmeye başladıkları tek bir atasal türden,

büyük olasılıkla Asya gri kurdundan türemişlerdir. Amerikan Kennel Kulübü 150 farklı çeşit tanımlar ve birçoğunu görmüşsünüzdür. Meksika Toltec'leri tarafından muhtemelen yenilmek üzere üretilmiş olan küçük ve heyecanlı Çivava; kalın kürklü ve karda yolculuk edenler için bir fıçı brendi taşıyabilen güçlü Saint Bernard; uzun bacakları ve atletik şekliyle yarış için üretilmiş tazı, porsuk yakalamak için ideal olan uzun vücutlu ve kısa bacaklı sosis; suda avlanmak için yetiştirilmiş av köpeği ve rahatlatıcı diz köpeği olarak üretilmiş tüylü Pomeranya. Yetiştiriciler bu köpekleri, kürklerinin renk tonu ve kalınlığını, kulaklarının uzunluğu ve sivriliğini, iskeletlerinin büyüklüğü ve şeklini, mizaç ve davranışlarının özgünlüğünü ve neredeyse diğer her şeyi değiştirerek tamamen kendi zevklerine göre şekillendirmişlerdir.

Tüm bu köpekler yan yana dizildiğinde göreceğiniz çeşitliliği düşünün! Eğer tanımlanmış bu çeşitler bir şekilde sadece fosil kayıtlarda bulunuyor olsalardı, paleontologlar bunları tek tür değil fakat birçok tür olarak değerlendireceklerdi. Bugün doğada kesinlikle 36 türden fazla yabani köpek yaşamaktadır.[29] Gerçekten de, evcil köpekler arasındaki varyasyon yabani köpekler arasındakini çok aşar. Tek bir özelliği, ağırlığı ele alalım: Evcil köpeklerin ağırlığı 1 kiloluk Çivava'dan 90 kiloluk İngiliz Mastiff'ine kadar değişirken, yabani köpekler sadece bir ile 30 kilo kadar olabilirler. Şüphesiz sosis şeklinde veya pug köpeklerinin yüz şekline sahip hiçbir yabani köpek yoktur.

Köpek ıslahındaki başarı seçilim ile evrimin üç koşulundan ikisini geçerli kılar. Birincisi, köpeklerin atasal soy hattında tüm bu çeşitleri oluşturmayı mümkün kılan renk, büyüklük, şekil ve davranışta büyük bir varyasyon vardı. İkincisi, genetik mutasyonlarca üretilen varyasyonlardan bir kısmı kalıtsal olmalıydı. Eğer kalıtsal olmasaydı, yetiştiriciler hiçbir ilerleme sağlayamazdı. Köpek ıslahı konusunda en şaşırtıcı olan şey ne kadar hızlı sonuç alındığıdır. Tüm bu köpek çeşitlerinin seçilimi, yabani köpeklerin doğada ortak atalarından çeşitlenmesini için geçen sürenin sadece % 0,1 olan, 10 bin yıldan daha az zaman almıştır. Eğer *yapay seçilim* böylesi köpek çeşitlenmesini oldukça hızlı sağlayabiliyorsa, yabani köpeklerin daha az çeşitliliğinin bin kat daha uzun bir zaman süresince *doğal* seçilimin çalışması ile ortaya çıktığını kabul etmek daha kolay hale gelir. Gerçekte doğal ve yapay seçilim arasında tek bir farklılık vardır. Yapay

seçilimde hangi varyantların "iyi" veya "kötü" olduğuna karar veren doğa yerine yetiştiricidir. Diğer bir deyişle, burada üreme başarısı ölçütü doğal bir ortama uyum yerine insanın arzusudur. Bazen bu ölçütler örtüşür. Örneğin tazıya bakalım, hız için seçilmiştir ve oluşan şekli bir çitaya çok benzer. Bu yakınlaştıran (konvergent) evrimin bir örneğidir. Benzer seçilim baskıları benzer sonuçlar üretir.

Köpek diğer ıslah programlarının başarısı için örnek oldu. Darwin'in *Türlerin Kökeni*'nde belirttiği gibi "Yetiştiriciler hayvanların organizasyonundan alışkanlıkla, neredeyse kendi zevklerine göre modelleyebilecekleri oldukça plastik bir şey gibi konuşmaktadırlar." Sığır, koyun, domuz, çiçekler, sebzeler ve diğerleri, bunların hepsi yabani atalarında bulunan veya evcilleştirme sırasında mutasyonların ortaya çıkardığı varyantların insan tarafından tercih edilmesi sonucu oluşmuşlardır. Seçilim yoluyla, zarif yabani hindi göğüslerinin çok büyümesi yüzünden artık erkek evcil hindinin dişiyi kavrayamadığı ve bunun yerine döllenmenin yapay olarak yapılmak zorunda olduğu bizim uslu, etli ve neredeyse tatsız Şükran Günü canavarımıza dönüşmüştür. Darwin'in kendisi güvercin yetiştirdi ve hepsi atasal kaya güvercininden seçilmiş olan farklı soyların davranış ve görünüşündeki büyük çeşitliliği tanımladı. Dikkat çekmeyen bir ot olan mısır koçanını tanımanız mümkün değildir. Atasal domates sadece birkaç gram ağırlığındaydı fakat bugün bir kilo ağırlığında (ayrıca tatsız) uzun raf ömürlü büyük domates ıslah edildi. Yabani lahanadan beş farklı sebze ıslah edildi: Brokoli, lahana, alabaş lahana, Brüksel lahanası ve karnabahar. Her biri bitkinin farklı bir parçasını değiştirmek üzere seçildi (örneğin brokoli açıkça sıkı ve büyümüş çiçek kümesidir). Evet, *tüm* yabani tahıl bitkilerinin kültüre alınması son 12 bin yılda gerçekleşti.

Öyle ise Darwin'in *Türlerin Kökeni*'nde doğal seçilim veya evrim tartışması ile değil de, hayvan ve bitki ıslahı üzerine "Evcilleştirme Altında Varyasyon" adlı bir bölümle başlaması hiç şaşırtıcı değildir. Eğer insanlar yapay seçilimi kabul ederlerse–başarısı o kadar açıktı ki, kabul etmek zorundaydılar–doğal seçilime geçiş yapmalarının zor olmayacağını biliyordu. İleri sürdüğü gibi:

> Evcilleştirme nedeniyle, bütün organizasyonların bir dereceye kadar plastik hale geldiği içtenlikle söylenebilir... Bu durumda insan için

faydalı varyasyonların kuşkusuz açığa çıktığını gördüğünüzde, her canlı için yararlı olan diğer varyasyonların yaşamın büyük ve karmaşık savaşında, binlerce nesil süresince ara sıra açığa çıkmalarının mümkün olmadığı düşünülebilir mi?

Yabani türleri evcilleştirme insan uygarlıklarından sonra nispeten kısa bir sürede gerçekleştiğine göre, Darwin doğal seçilimin daha uzun sürelerde daha büyük çeşitlilik yaratacağını kabul etmenin zor olmayacağını biliyordu.

Deney Tüpünde Evrim

BİR ADIM DAHA İLERİ GİDEBİLİRİZ. Yetiştiricilerin lehte varyantları seçmesi yerine, tutsak bir populasyonu yeni ortamın zorluklarına maruz bırakarak, bunun "doğal yollardan" laboratuvarda gerçekleşmesini sağlayabilir miyiz? Bunu evrimsel değişimleri binlerce kuşak boyunca gerçek zamanda gözlememize izin veren, her 20 dakikada bir bölünebilen bakteri gibi mikroplarda yapmak en kolayıdır. Bu, seçilim yoluyla evrimin bütün üç şartını karşılayan gerçek bir evrimsel değişimdir: Varyasyon, kalıtım ve varyantların hayatta kalma ve üreme farklılıkları. Ortamın zorlukları insanlar tarafından yaratılmış olsa da, bu tip deneylerde hangi bireyin üremeye katılacağını insanlar belirlemediği için yapay seçilime göre daha doğaldırlar.

Basit uyumlarla başlayalım. Mikroplar laboratuvarda bilim insanlarınca maruz bırakıldıkları neredeyse her şeye uyum sağlayabilirler: Yüksek veya düşük sıcaklık, antibiyotikler, toksinler, açlık, yeni besinler ve doğal düşmanları olan virüsler. Bu tip çalışmaların en uzun olanı, muhtemelen Michigan State Üniversitesi'nden Richard Lenski tarafından yapılmıştır. Lenski 1988'de yaygın bir barsak bakterisi olan *E. coli*'nin genetik olarak özdeş suşlarını, besinleri olan glikoz şekerinin her gün tükendiği ve ertesi gün yeniden eklendiği şartlara maruz bıraktı. Öyle ise bu deney mikrobun bolluk ve kıtlık ortamlarına uyum yeteneğinin sınanmasıdır. İzleyen 18 yılda (40 bin bakteri kuşağı) bakteriler, kendilerini bu yeni ortama uyarlayan yeni mutasyonları biriktirmeye devam ettiler. Bu farklı besin koşulları altında bakteriler, seçilime uğratılmamış köken suşlarına

göre şimdi % 70 daha hızlı çoğalmaktadırlar. Bu bakteriler evrimleşmeye devam etmektedirler. Lenski ve meslektaşları, mutasyonları uyumlara yol açan en az dokuz gen saptadılar.

Fakat "laboratuvar" uyumları tamamen yeni bir biyokimyasal sistemi kapsayacak şekilde daha karmaşık da olabilirler. Burada bir mikrobun bırakılabileceği aşırı zor koşul, belli bir ortamda hayatta kalmaları için ihtiyaç duydukları bir genlerini tamamen almak ve nasıl cevap vereceklerini gözlemlemektir. Böylesi bir problemin üstesinden gelmek için bir yol evrimleşebilir mi? Cevap genellikle evettir. Dramatik bir deneyde, Rochester Üniversitesi'nden Barry Hall ve meslektaşları *E. coli*'nin bir genini uzaklaştırarak çalışmalara başladılar. Bu gen, bakterinin laktoz şekerini besin olarak kullanabilmesi için alt birimlerine parçalamasına izin veren bir enzim üretmektedir. Geni olmayan bu bakteriler, daha sonra besin kaynağının sadece laktoz olduğu bir ortama konuldular. Şüphesiz başlangıçta enzimden yoksundular ve çoğalamadılar. Fakat sadece kısa bir süre sonra, kayıp genin işlevi şimdi yeni bir mutasyon nedeniyle zayıf da olsa, laktozu parçalayabilen diğer bir enzim tarafından devralındı. Daha sonra, diğer bir uyumsal mutasyon daha ortaya çıktı. Bu, yeni enzimin miktarını arttıran ve böylece daha fazla laktozun kullanılmasını sağlayan bir mutasyondu. Sonunda farklı bir gendeki üçüncü bir mutasyon, bakterinin ortamdan laktozu daha kolay almasına izin verdi. Hepsi beraber, bu deney bakterinin daha önce kullanamadığı besinle büyümesini sağlayan karmaşık bir biyokimyasal yolağın evrimleştiğini gösterdi. Evrimi göstermesi yanında, bu deneyin verdiği iki önemli ders vardır. Birincisi, doğal seçilim yaradılışçıların imkânsız olduğu iddialarına karşın, tüm parçalarının birbirlerini desteklediği bağlantılı biyokimyasal sistemlerin evrimini destekleyebilmektedir. İkincisi, tekrara tekrar gördüğümüz gibi, seçilim hiç yoktan yeni bir özellik üretmez, önceden mevcut özellikleri değiştirerek "yeni uyumlar" üretir.

Yeni, ekolojik bakımdan farklılaşmış bakteri türlerinin hepsini tek bir laboratuvar tüpünde bile görebiliriz. Oxford Üniversitesi'nden Paul Rainey ve meslektaşları *Pseudomonas fluorescens* bakterisinin bir suşunu besi yeri içeren küçük bir şişeye koydular ve sadece gözlediler (Böylesi bir şişenin aslında çeşitli ortamlar içerdiği şaşırtıcı fakat doğrudur. Örneğin oksijen konsantrasyonu tepede en yüksek, dipte an azdır). On gün içinde

yani birkaç 100 nesil sonra, atasal serbest yüzen "pürüzsüz" bakteriler beherin farklı kısımlarını işgal edecek şekilde iki farklı forma evrimleştiler. "Buruşuk yaygı" olarak adlandırılanlar besi ortamının tepesinde bir tabaka oluşturdular. "Bulanık yaygı" olarak adlandırılan diğerleri tabanda bir halı oluşturdular. Pürüzsüz atasal tip sıvı ortamda ortalarda var olmaya devam etti. Her iki formun atalarından ilgili çevrelerde en iyi çoğalmak için mutasyon ve doğal seçilim yoluyla evrimleştiklerinden genetik olarak farklılardı. Bu durumda, sadece evrim değil fakat laboratuvarda türleşme de olmaktadır. Atasal form birlikte bulunduğu ekolojik bakımdan farklı iki altsoy üretmiştir ve bakterilerde böylesi formlar ayrı türler olarak değerlendirilirler. Kısa bir süre içinde *Pseudomonas* üzerine işleyen doğal seçilim, hayvan ve bitkilerin bir okyanus adasında yeni ortamlar ile karşılaştıklarında nasıl yeni türler şekillendirdiklerinin eşdeğeri olan küçük çaplı bir "uyumsal açılım" ile sonuçlanmıştır.

İlaç ve Zehirlere Direnç

ANTİBİYOTİKLER 1940'LARDA İLK kez kullanılmaya başlandıklarında, herkes bakterilerin neden olduğu enfeksiyon hastalıkları probleminin sonunda çözebileceğini düşünüyordu. Bu ilaçlar o kadar iyi çalışıyordu ki, tüberküloz, streptokok farenjidi veya zatürre neredeyse herkeste, birkaç basit iğne veya bir kutu hap ile tedavi edilebiliyordu. Fakat doğal seçilimi hesaba katmıyorduk. Muazzam populasyon büyüklükleri ve kısa nesil süreleri gibi bakterileri laboratuvarda evrim çalışmalarında ideal yapan özellikler düşünüldüğünde, bir mutasyonun antibiyotik dirençliliği üretme şansı yüksektir. Bir ilaca dirençli olan bakteriler hayatta kalacak ve geride bıraktıkları genetik olarak özdeş dölleri de ilaca dirençli olacaklardır. En sonunda, ilaç etkisini kaybeder ve bir kez daha sağlık sorunlarıyla baş başa kalırız. Bu bazı hastalıklar için ciddi bir kriz haline dönüşmüştür. Örneğin günümüzde, doktorların kendilerine karşı kullandıkları bütün ilaçlara direnç evrimleştirmiş olan bazı tüberküloz bakterileri suşları vardır. Uzun dönem tedavi ve tıbbi iyimserlikten sonra, TB bir kez daha ölümcül bir hastalık haline gelmektedir.

Bu saf ve basit olan doğal seçilimdir. Herkes ilaç dirençliliğini bilir. Fakat bunun bizim seçilimin işbaşında olduğunu gösteren en iyi örne-

ğimiz olduğunun çoğunlukla farkında değildir (Eğer bu olgu Darwin zamanında bilinmiş olsaydı, hiç şüphesiz bunu *Türlerin Kökeni*'nin baş konusu yapardı). İlaç dirençliliğinin, bir şekilde hastanın kendisini bir yolla değiştirerek ilacı daha az etkili kılması nedeniyle ortaya çıktığı yaygın bir inançtır. Fakat bu yanlıştır. Direnç hastanın ilaca alışmasından değil mikrobun evriminden kaynaklanır.

Diğer bir ana seçilim örneği penisiline dirençtir. Penisilin 1940'ların başlarında kullanılmaya başlandığında, özellikle *Staphylococcus aureus* bakterilerinin ("staf") neden olduğu enfeksiyonların tedavisinde mucize bir ilaçtı. İlaç 1941'de dünyadaki her staf şuşunu ortadan kaldırabilmekteydi. Şimdi, 70 yıl sonra staf suşlarının % 95'inden fazlası penisiline dirençlidir. Burada olan şey, bakteri bireylerinde ortaya çıkan mutasyonların bakteriye ilacı parçalama yeteneği sağlaması ve şüphesiz bu mutasyonların tüm dünyaya yayılmasıydı. Buna cevap olarak ilaç endüstrisi yeni bir antibiyotik olan metisilini üretti fakat bu bile günümüzde yeni mutasyonlar nedeniyle kullanışsız hale gelmektedir. Her iki durumda bilim insanları, bakteri DNA'sında ilaç dirençliliğine yol açan değişimleri kesin olarak tanımladılar.

Yaşamın en küçük evrimleşebilen formları olan virüsler de antiviral ilaçlara karşı direnç evrimleştirdiler. Bunlardan en dikkat çekici olanı AZT (azidotimidin) olup, HIV enfeksiyonu taşıyan kişilerde virüsün çoğalmasını durdurmak için tasarlanmıştır. Evrim, virüs çılgın bir hızla mutasyon geçirdiğinden ve sonunda direnç geliştirip AZT'yi etkisiz kıldığından, tek bir hastanın vücudunda bile gerçekleşir. Günümüzde AIDS'i günlük üç-ilaç kokteyli ile kontrol altında tutuyoruz ve eğer tarih bir rehber ise, bu da en sonunda etkili olmayacaktır.

Direncin evrimi insanlar ile mikroorganizmalar arasında, kazananın sadece bakteriler değil fakat eskilerin azalan etkisini gidermek için devamlı olarak yeni ilaçlar tasarlayan farmasötik endüstrisinin olduğu, bir silahlanma yarışı yaratır. Neyse ki mikroorganizmaların direnç evrimleştirmede başarılı olamadıkları bazı harikulade örnekler vardır (Evrim kuramının her şeyin evrimleşeceğini öngörmediğini hatırlamak zorundayız. Eğer doğru mutasyonlar açığa çıkmaz veya çıkamazlarsa, evrim olmayacaktır). Örneğin *Staphylococcus*'un bir formu çocuklarda yaygın olan "streptokok farenjit" enfeksiyonuna neden olur. Bu bakteriler hala tedavi seçeneği olarak kalan penisiline küçücük bile olsa bir direnç geliştirmede

başarısız olmuşlardır. Grip virüsünün aksine, çocuk felci ve kızamık virüsleri şimdi 40 yılı geçen kullanımından sonra aşılarına direnç evrimleştirmemişlerdir.

Yine başka türler ortamlarındaki insan kaynaklı değişimlere seçilim yoluyla uyum sağlamışlardır. Böcekler DDT ve diğer pestisitlere dirençli hale gelmiştir; bitkiler herbisitlere uyum sağlamışlardır; mantarlar, kurtçuklar ve algler ortamlarını kirleten ağır metallere direnç evrimleştirmişlerdir. Öyle görünüyor ki, hemen her zaman hayatta kalmalarına ve üremelerine izin veren ve duyarlı bir populasyonu hızlıca dirençli bir populasyona evrimleştiren şanslı mutasyonlara sahip birkaç birey bulunmaktadır. Bu durumda mantıklı bir öngörüde bulunabiliriz. Bir populasyon insandan *kaynaklanmayan* tuzluluk, sıcaklık veya yağış miktarı gibi bir baskı ile karşılaştığında, doğal seçilim çoğunlukla uyumsal bir cevap üretecektir.

Doğada Seçilim

İnsan kaynaklı baskı ve kimyasallara gördüğümüz cevaplar doğal seçilimin her bakımdan anlamını ortaya koyar. Seçilim ajanları insanlar tarafından planlanmış olsa da, cevap tamamen doğaldır ve gördüğümüz gibi oldukça karmaşık olabilir. Fakat muhtemelen insan müdahalesi olmaksızın, bütün sürecin doğada iş başında olduğunu görmek daha da ikna edici olabilir. Yani, doğal bir populasyonun doğal bir zorlukla karşılaşmasını görmek istiyoruz, bu zorluğun ne olduğunu bilmek istiyoruz ve bu populasyonun bunu karşılamak için evrimini gözlerimizle görmek istiyoruz.

Bu örneklerin yaygın olasını bekleyemeyiz. Tek bir şey söylemek gerekirse, doğal seçilim doğada çoğunlukla inanılmaz derecede yavaştır. Örneğin, kuş teleklerinin evrimi muhtemelen yüzbinlerce yıl aldı. Eğer telekler bugün evrimleşiyor olsalardı bile, bunu gerçek zamanda görmek, telekleri daha büyük yapacak işbaşındaki seçilim tipi her ne ise, az çok ölçmek açıkça imkânsız olacaktı. Eğer gerçekten doğal seçilimi göreceksek, bu hızlı değişimlere neden olan *güçlü* seçilim olmak zorundadır ve en iyisi evrimsel değişim birkaç nesil süresi boyunca görülebileceği için, kısa nesil süresine sahip bitki ve hayvanlara bakmalıyız. Evet, bakterilerden

daha iyisine bakmalıyız. Çünkü insanlar seçilimi sözde "yüksek" bitki ve hayvanlarda görmek istemektedirler.

Dahası, bir türün bir veya birkaç özelliğinde *mikroevrimsel* değişim olarak bilinen küçük değişimlerden fazlasını görmeyi beklememeliyiz. Evrimin kademeli işleyişi düşünüldüğünde, seçilimin bir insan ömrü süresinde, bir bitki veya hayvan "tipini" başka birine dönüştürmesini, yani *makroevrim* görmeyi beklemek mantıksızdır. Makroevrim günümüzde de meydana gelmekle birlikte, biz doğal olarak görmek için yeteri kadar süre etrafta olmayacağız. Hatırlayınız, konu makroevrimin *olup olmadığı* değil (fosil kayıtlardan zaten olduğunu biliyoruz), doğal seçilimle mi olduğu ve doğal seçilimin karmaşık özellikler ve organizmalar inşa edip edemediğidir.

Gerçek zamanda seçilimi görmeyi zorlaştıran diğer bir faktör doğal seçilimin çok yaygın olan tipinin türlerde değişime neden olmamasıdır. Her bir tür seçilimin hâlihazırda çevresi ile senkronize ettiği anlamında oldukça iyi uyum gösterir. Muhtemelen bir türün yeni bir çevresel baskı ile karşılaşarak değişim oluşturma süresi ile uyum sağlayacak yeni bir şeyin olmadığı süre karşılaştırıldığında çok daha azdır. Fakat bu seçilimin olmadığı anlamına gelmez. Örneğin bir kuş türü çevresi için optimum bir vücut büyüklüğü evrimleştirmiş ve bu çevre değişmiyorsa, seçilim sadece daha büyük veya daha küçük kuşları elemek yönünde çalışacaktır. *Dengeleyici seçilim* olarak adlandırılan bu seçilim tipi, ortalama vücut büyüklüğünü değiştirmeyecektir. Eğer populasyonda bir nesilden diğerine bakarsanız, çok fazla bir şey değişmemiş olacaktır (büyük ve küçük vücut büyüklüğünün her ikisi için de genler ayıklanmış olmakla beraber). Örneğin bunu insan bebeklerinin doğum kilosunda da görebiliriz. Hastane istatistikleri devamlı olarak, Birleşik Devletler ve Avrupa'da doğum kiloları ortalama olarak 3,5 kilo civarında olan bebeklerin daha az kilolu (prematüre olarak ya da iyi beslenmemiş anneden doğan) veya daha kilolu (doğmada zorluğu olan) bebeklere göre daha iyi hayatta kaldıklarını göstermektedir.

Eğer seçilimi iş başında görmek istiyorsak, bu durumda kısa nesil süresine sahip ve yeni bir çevreye uymakta olan türlere bakmalıyız. Bunun olma olasılığı, türler ya yeni bir habitatı işgal ettiği ya da ciddi çevresel değişime maruz kaldığı zaman en yüksektir. Bu koşullar gerçekten de, böylesi örneklerin bulunduğu yerlerdir.

Bunlardan en iyi bilineni, ayrıntılı olarak başka yerde tanımlandığı için (örneğin Jonathan Weiner'in *İspinozun Gagası: Zamanımızdaki Evrimin Bir Hikâyesi* adlı harika kitabına bakınız) fazla bahsetmeyeceğim bir kuşun iklimdeki alışılmadık değişime uyumudur. Galápagos Adalarının orta boy yer ispinozu, Princeton Üniversitesi'nden Peter ve Rosemary Grant ile meslektaşları tarafından birkaç on yıl boyunca çalışılmıştır. Galápagos'ta 1977 yılında görülen şiddetli bir kuraklık Daphne Major adasındaki tohum mevcudiyetini esaslı bir şekilde azalmıştır. Normalde küçük, yumuşak tohumları tercih eden bu ispinoz daha büyük ve sert tohumlarla beslenmeye zorlanmıştır. Deneyler sert tohumların daha büyük ve güçlü gagaları olan daha büyük kuşlar tarafından daha kolay kırılabildiğini göstermiştir. Sonuçta, sadece büyük-gagalı kuşları yeterli besin alabilirlerken, daha küçük gagalı olanların açlıktan öldümüş veya yetersiz beslenmeden dolayı ürüyememişlerdir. Büyük gagalı hayatta kalanlar daha fazla yavru bıraktılar ve bir sonraki nesilde doğal seçilim ortalama gaga büyüklüğünü % 10 kadar arttırdı (vücut büyüklüğü de arttı). Bu, fosil kayıtlarda gördüğümüz her şeyden çok daha büyük çok şaşırtıcı bir evrimsel değişim hızıdır. Karşılaştırma yapacak olursak, insan soy hattında beyin hacmi nesil başına ortalama % 0,001 artmıştır. Doğal seçilim yoluyla evrimden beklediğimiz her şey Grantlar tarafından başka çalışmalarında fazlasıyla belgelenmiştir. Köken populasyonda bireyler gaga yüksekliği bakımından çeşitliydi, bu varyasyonun büyük bir kısmı genetikti ve farklı gagalara sahip bireyler öngörülen yönde farklı sayıda yavru bıraktılar.

Hayatta kalmak için besinin önemi düşünüldüğünde, toplama, yeme ve etkili biçimde sindirme kabiliyeti şiddetli bir seçilim gücüdür. Birçok böcek konak-özgündür. Sadece bir veya birkaç bitki türü üzerinde beslenir ve yumurta bırakırlar. Bu durumda böcek bitkiden besin almak için doğru beslenme organı, bitki zehirlerini zararsız hale getirecek bir metabolizma ve besinin mevcut olduğu zamanlarda (bitkinin meyve verme zamanı) yavru üreten bir üreme döngüsünü kapsayacak şekilde, bitkileri kullanmak için uyumlara ihtiyaç duyar. Farklı konak bitkileri kullanan birçok yakın akraba böcek tür çifti olduğuna göre, evrimsel süreç boyunca bir bitkiden diğerine birçok geçiş gerçekleşmiş olmalıdır. Çok farklı bir habitata yerleşmeye eşdeğer olan bu geçişlere güçlü bir seçilim eşlik etmiş olmalıdır.

Gerçekten de, bunun olduğunu son birkaç on yıl içinde Yeni Dünya sabunağacı böceğinde (*Jadera haematoloma*) gördük. *Jadera* Birleşik Devletlerin farklı bölgelerinde iki yerli bitki üzerinde yaşar. ABD'nin güney-orta kesimlerinde sabun ağacı ve güney Florida'daki çok yıllık balon asma. Uzun, iğne gibi gagası ile böcek bu bitkilerin meyvelerini deler ve içindeki tohumların içeriğini sıvılaştırıp emerek tüketir. Fakat son 50 yıl içinde, böceğin yayılış bölgelerine dışarıdan getirilen üç diğer bitkiyi de istila etti. Bu bitkilerin meyveleri büyüklük bakımından yerli konaklarınınkinden çok farklıdır. İkisi çok daha büyük ve biri çok daha küçüktür.

Scott Carroll ve meslektaşları, bu konak değişiminin doğal seçilim yoluyla gaga büyüklüğünde değişimlere neden olacağını tahmin ettiler. Daha büyük meyveli türleri istila eden böcekler meyveyi delmek ve tohuma ulaşmak için daha uzun gagalar evrimleştirirken, daha küçük meyveli türleri istila eden böcekler aksi yönde evrimleşeceklerdir. Gaga uzunluğunun birkaç on yılda değişmesi ile olan tam olarak buydu. Bu fazla gibi görünmeyebilir. Fakat evrimsel standartlar, özellikle de 100 nesillik kısa bir zaman süreci açısından bakıldığında olağanüstü büyüktür.[30] Bunu bir perspektife oturtursak, eğer gaga evrimi bu hızla sadece 10 bin nesil boyunca (5 bin yıl) devam etmiş olsaydı, gaganın büyüklüğündeki artış 3 bin km uzunluğuna erişecek ve Ay büyüklüğündeki bir meyveyi delecek şekilde yaklaşık *5 milyar* kat artacaktı. Bu saçma ve gerçekçi olmayan rakam, şüphesiz sadece görünüşte küçük değişimlerin katlanmış gücünü göstermek bakımından anlamlıdır.

İşte size diğer bir öngörü: Uzun süreli kuraklık nedeniyle doğal seçilim, atalarından daha önce çiçek açan bitkilerin evrimine yol açmaktadır. Çünkü kuraklık sırasında yağmurdan sonra toprak hemen kurur. Eğer siz kuraklıkta çabuk çiçek açan ve tohum üreten bir bitki değilseniz, hiç döl bırakamazsınız. Diğer taraftan normal hava koşullarında, geç çiçek açmak daha fazla büyümeniz ve hatta daha fazla tohum üretmenizi sağlar.

Bu öngörü Kaliforniya'ya yaklaşık 300 yıl önce getirilmiş yabani hardal bitkisini (*Brassica rapa*) ele alan doğal bir deneyle sınanmıştır. Güney Kaliforniya 2000 yılında başlayan beş yıllık ciddi bir kuraklık geçirmiştir. Kaliforniya Üniversitesi'nden Arthur Weis ve meslektaşları bu sürenin başında ve sonunda hardalların çiçeklenme zamanını belirlemişlerdir. Gerçekten de, doğal seçilim çiçeklenme zamanını tam da öngörüldüğü gibi

değiştirmişti: Kuraklıktan sonra bitkiler atalarına göre bir hafta erken çiçek açmaya başladılar.

Çok daha fazla örnek vardır fakat hepsi aynı şeyi sergilerler. Daha iyi uyumlara yol açan doğal seçilime doğrudan tanıklık edebilmekteyiz. Biyolog John Endler *Doğada Doğal Seçilim* kitabında, kabaca üçte birinde doğal seçilimin nasıl çalıştığına ilişkin iyi bir fikre sahip olduğumuz, 150'den fazla gözlenmiş evrim örneği sunar. Sirke sineklerinin aşırı sıcaklara uyum gösterdiklerini, balarılarının rakiplerine uyum sağladığını, lepisteslerin avcılarının dikkatini çekmemek için daha az renkli hale dönüştüklerini görmekteyiz.

Seçilim Karmaşık Yapılar İnşa Edebilir mi?

DOĞAL SEÇİLİMİN DOĞADA İŞLEDİĞİ KONUSUNDA hemfikir olsak bile, *gerçekte* ne kadar iş yapmaktadır? Tamam, seçilim kuşların gagasını veya bitkilerin çiçeklenme zamanını değiştirebilir; fakat *karmaşık yapılar* oluşturabilir mi? Tetrapod üyesi gibi girift özellikler; ya da birçok proteinin yer aldığı tam bir basamaklar dizisi içeren kan pıhtılaşması gibi zarif biyokimyasal uyumlar; ya da muhtemelen tüm zamanların en karmaşık cihazı olan insan beynine ne dersiniz?

Burada bir biçimde bir zorluğumuz vardır. Çünkü bildiğimiz gibi karmaşık özelliklerin evrimleşmesi uzun zaman alır ve bunların çoğu nasıl oluştuklarını görmek için etrafta olmadığımız çok eski zamanlarda gerçekleşmiştir. Öyle ise seçilimin sorumlu *olduğundan* nasıl emin olabiliriz? Yaradılışçıların, seçilimin organizmalarda küçük değişimler yapabildiğini fakat büyük değişimler yapmakta güçsüz kaldığını söyledikleri zaman, yanlış olduklarını nasıl biliyoruz?

Fakat önce sormak zorundayız: Alternatif kuram nedir? Karmaşık bir uyum oluşturabilen başka hiçbir doğal süreç bilmiyoruz. En yaygın olarak sunulan alternatif bizi doğaüstü bir alana götürmektedir. Şüphesiz bu dünyaya en son gelişinde "akıllı tasarım" (AT) olarak adlandırılan yaradılışçılıktır. AT'ın savunucuları doğaüstü bir tasarımcının, ya doğal seçilimin güya yapamayacağı karmaşık uyumların oluşmasını doğrudan emrederek ya da şans eseri oluşamayacak olan "mucize mutasyonlar" ek yaşam tarihi boyunca çeşitli zamanlarda devreye girdiğini ileri sürerler. (Bazı AT'cılar

daha da ileri giderler. Bunlar dünyanın yaklaşık 6 bin yaşında olduğunu ve yaşamın hiçbir şekilde evrimsel bir tarihe sahip olmadığına inanan aşırı "genç dünya" yaradılışçılarıdır).

Bu arada, AT büyük ölçüde sınanamayan iddialar içerdiğinden bilimsel değildir. Örneğin mutasyonların sadece DNA replikasyonundaki hatalar mı ya da bir yaratıcı tarafından yaratılan oluşumlar mı olduklarını nasıl belirleyebiliriz? Ancak hâlâ *seçilim tarafından inşa edilememiş* uyumların olup olmadığını sorgulayabiliriz ve bu durum bizim başka bir mekanizma üzerinde düşünmemizi gerektirir. AT'ın savunucuları bakteri kamçısı (bazı bakterilerin kendilerini kaydırmak için kullandıkları karmaşık moleküler motorlu küçük, kıl-benzeri bir cihaz) ve kanın pıhtılaşma mekanizması gibi, böylesi birkaç uyum ileri sürmüşlerdir. Bunlar gerçekten de karmaşık özelliklerdir. Örneğin kamçı kıl benzeri "pervanenin" hareket etmesi için uyum halinde çalışmak zorunda olan düzinelerce ayrı proteinden meydana gelir.

AT'cılar özelliğin tam bir işleve sahip olabilmesi için, birçok parçanın birlikte çalışmasını gerektiren böylesi özelliklerin Darwinci açıklamaya meydan okuduğunu ileri sürerler. Öyle ise, kabullen bir doğaüstü varlık tarafından tasarlanmış olmak zorundadırlar. Bu yaygın biçimde "Boşlukların Tanrısı" savı olarak bilinir ve bilgisizlikten kaynaklanır. Bunun aslında söylediği şudur: Eğer doğal seçilimin bir özelliği nasıl oluşturduğu konusunda *her şeyi* bilmiyorsak, bu bilgi eksikliğinin kendisi doğaüstü yaratım için bir kanıttır.

Bu savın neden tutar tarafı olmadığını büyük olasılıkla görebiliyorsunuz. Seçilimin her bir özelliği nasıl oluşturduğunu hiçbir zaman yeniden yapılandıramayacağız. Evrim bizim sahneye çıkışımızdan önce oldu ve bazı şeyler her zaman bilinmez kalacaktır. Fakat evrimsel biyoloji de her bilim gibidir. Birçoğu bir biri ardına çözülen gizemleri vardır. Örneğin şimdi kuşların nereden geldiklerini biliyoruz. Yaradılışçıların alışıldık şekilde ileri sürdükleri gibi hiç yoktan var olmadılar ve kademeli olarak dinozorlardan evrimleştiler. Her defasında bir gizem çözüldüğünde, AT geri çekilmeye zorlanmaktadır. AT'ın kendisi hiçbir sınanabilir bilimsel iddia ortaya koymadığından ve sadece temelsiz bir Darwinizm eleştirisi yaptığından, inandırıcılığını kavrayışımızdaki her ilerlemede yavaş yavaş kaybetmektedir. Dahası, karmaşık özellikler konusunda AT'ın kendi açıklaması olan doğaüstü bir tasarımcının isteği, doğa konusunda *hiçbir* mantıklı gözlemi açıklayamamaktadır. Yaşa-

mın evrimleşmiş gibi görünmesini sağlamak, yaratıcının bir kurgusu bile olmuş olabilir (açıkçası birçok yaradılışçı buna inanmakta fakat çok azı itiraf etmektedir). Fakat eğer bir kuramı çürütebilecek bir gözlem düşünemiyorsanız, kuram açıkça bilimsel değildir.

Peki, AT'ın bazı özelliklerin doğal seçilim ile *türemeyi* yanlışladığı iddiasını nasıl çürütebiliriz? Böylesi durumlarda, karmaşık bir özelliğin nasıl evrimleştiğini belgeleyecek şekilde kesin bir adım adım senaryo çizmek evrimsel biyoloğun sorumluluğu değildir. Bu bizim etrafta bulunmadığımız zamanlarda neler olduğu konusunda her şeyi (birçok özellik ve neredeyse bütün biyokimyasal yollar için bunu bilmek imkânsızdır) bilmemizi gerektirir. Biyokimyacılar Ford Doolittle ve Olga Zhaxybayeva'nın AT'cıların kamçının evrimleşemeyeceği iddiasını cevaplarken ileri sürdükleri gibi "Evrimcilerin kamçı evriminin her ayrıntısını ortaya koyacak imkânsız bir işe girişmelerine gerek yoktur. Sadece böylesi bir gelişimde, hâlihazırda bildiğimize benzemeyen ve üzerinde anlaşabildiğimiz sorumlu yapı taşları ve süreçlerinin olanaklı olduğunu göstermeye ihtiyacımız vardır." Burada "olanaklı" olmaktan kastettikleri, her yeni özelliğin evrimsel öncüllerinin bulunmak zorunda oluşu ve ilgili özelliğin evriminde bir uyum oluşurken, her adımda taşıyıcısına yarar sağladığı Darwinci gerekliliklerin ihlal edilmemiş olmasıdır.

Gerçekten de, oluşumunda doğal seçilimin işe karışmadığı hiçbir uyum bilmiyoruz. Bundan nasıl emin olabiliriz? Anatomik özellikler için, basitçe fosil kayıtlardaki evrimlerinin (mümkün olan durumlarda) izlerini sürebiliriz ve farklı değişimlerin hangi sıra ile yer aldıklarını görebiliriz. Daha sonra, en azından değişim sırasının adım adım uyumsal süreçle uyuşup uyuşmadığını saptayabiliriz. Her bir örnekte, en azından olası bir Darwinci açıklama bulabiliyoruz. Bunu karasal hayvanların balıklardan, balinaların karasal hayvanlardan ve kuşların sürüngenlerden evrimleşmelerinde gördük. Öyle olmak zorunda değillerdi. Örneğin, atasal balinalarda hava deliğinin (nostril) başın tepesine taşınması, yüzgeçlerin evriminden önce olabilirdi. Bu bir yaratıcının kaçınılamaz eylemi olurdu ve doğal seçilim ile evrimleşmiş olamazdı. Fakat daima Darwinci anlam kazanan evrimsel bir sıra görmekteyiz.

Karmaşık biyokimyasal özellikler ve yolların evrimini anlamak, fosil kayıtlarda hiçbir iz bırakmadıkları için o kadar kolay değildir. Evrimleri, böylesi yolakların daha basit biyokimyasal öncüllerden nasıl kabaca birleşebildiklerini görmeye çalışacak şekilde, daha spekülatif olarak yeniden

yapılandırılmak zorundadır. Bu birleşmedeki adımları, her yeni adımın uyum gücünü geliştirdiğini görmek için, bilmek istiyoruz.

AT savunucuları bu yolakların arkasında doğaüstü bir el iddiasında olsalar da, inatçı bilimsel araştırma nasıl evrimleştikleri konusunda inandırıcı (ve sınanabilir) senaryolar vermeye başlamıştır. Omurgalıların kan-pıhtılaşması yolunu ele alalım. Bu açık bir yaranın etrafında bir proteinin bir diğerine yapışmasıyla başlayan bir dizi olayı kapsar. Bu 16 basamak uzunluğunda, her birinde farklı bir protein çifti arasında bir etkileşim gerektiren ve pıhtının oluşumu ile sonlanan karmaşık bir zincirleme reaksiyonu başlatır. Hepsi beraber 20'den fazla protein işe karışır. Bunun evrimleşmiş olması ne kadar mümkündür?

Henüz kesin olarak bilmiyoruz fakat sistemin daha basit bir öncülden uyumsal bir yoldan inşa edilmiş olabileceği konusunda kanıtlara sahibiz. Kan-pıhtılaşması proteinlerinin çoğu bir atasal genin ve sonra türevlerinin, hücre bölünmesi sırasındaki bir hata nedeniyle bir DNA zincirinin tamamı bakımından çift hale geldiği bir mutasyon olan duplikasyon ile oluşan akraba genler tarafından yapılır. Bir kez açığa çıktıklarında, şimdi kan pıhtılaşmasında yaptıkları gibi böylesi duplike olmuş genler, sonunda farklı işlevler görecek şekilde ayrı yönlerde evrimleşebilirler. Yolaktaki diğer proteinler ve enzimlerin, omurgalılardan önce evrimleşmiş gruplarda farklı işlevlerinin olduğunu biliyoruz. Örneğin, pıhtılaşma yolağındaki anahtar bir protein, kan plazmasında çözülmüş halde bulunan fibrinojendir. Kan pıhtılaşmasının son basamağında, bu protein bir enzim tarafından kesilir ve daha küçük proteinler (fibrin olarak bilinir) son pıhtıyı oluşturacak şekilde birbirine yapışır ve çözülmez hale gelirler. Fibrinojen bütün omurgalılarda bir kan-pıhtılaştırma proteini olarak bulunduğuna göre, tahminen daha önce açığa çıkmış fakat bir pıhtılaştırma yolundan yoksun atasal omurgasızlarda, farklı bir işlevi olan bir proteinden evrimleşmiştir. Gerçi, bir akıllı tasarımcı uygun bir protein icat edebilir, fakat evrim bu yolla çalışmaz. Fibrinojenin evrimleştiği atasal bir protein olmuş olmak zorundadır.

California Üniversitesi'nden Russell Doolittle böylesi bir proteini bulacağımızı öngördü ve gerçekten de, 1990 kendisi ve meslektaşı Xun Xu bunu bazen Çin mutfağında kullanılan bir omurgasız olan denizhıyarında keşfettiler. Denizhıyarları omurgalı soy hattından en az 500 milyon yıl önce ayrılmışlardır, fakat açık biçimde omurgalıların kan pıhtılaştırma

proteinleri ile akraba olan, kan pıhtılaşmasında kullanılmayan bir proteine halen sahiplerdir. Bunun anlamı, tam da evrimin öngördüğü gibi, denizhıyarları ve omurgalıların ortak atasının, daha sonra omurgalılarda yeni bir işlev yüklenmiş olan, bir gene sahip olduklarıdır. O zamandan bu yana Doolittle ve hücre biyoloğu Ken Miller'in her ikisi, öncül proteinlerin kısımlarından tüm kan-pıhtılaşması zincirinin evrimi için akla uygun ve uyumsal bir dizi çözümlediler. Bu öncüllerin tamamı, pıhtılaşma dışında başka işlevlere sahip oldukları omurgasızlarda bulundular ve bir pıhtılaşma sisteminde çalışacak şekilde omurgalılar tarafından evrimsel olarak görevlendirilmişlerdir. Bakteri kamçısının evrimi, henüz tam olarak anlaşılmamış olsa da, başka biyokimyasal yollardan birçok proteinin görev almasını kapsadığı bilinmektedir.[31]

Zor problemler çoğunlukla bilimden sonuç bekler ve her ne kadar her karmaşık biyokimyasal sistemin nasıl evrimleştiğini henüz bilmesek de, her gün yeni bir şey öğreniyoruz. Unutulmamalıdır ki, biyokimyasal evrim hâlâ bebeklik çağında olan bir alandır. Eğer bilim tarihi bize bir şey öğretmişse, o da cehaletimizi yenmenin yolunun vazgeçmek ve cehaletimizi bir yaratıcının mucizevi işine bağlamak değil, araştırma olduğudur. Birilerinin başka türlü iddia ettiklerini duyarsanız, hemen Darwin'in şu sözlerini hatırlayınız: "Bilgisizlik daha sıklıkla bilgili olmaktan daha fazla özgüvene sebep olur: Şu ya da bu problemin bilim tarafından asla çözülemeyeceğini oldukça emin şekilde söyleyenler çok bilenler değil ve fakat az bilenlerdir."

Öyle ise ilkesel olarak evrimin karmaşık biyokimyasal sistemler inşa etmesinde gerçek bir problem yoktur. Fakat *zaman* konusuna ne dersiniz? Gerçekten de, doğal seçilimin hem karmaşık uyumlar hem de yaşam formlarının çeşitliliğini üretmek için yeteri kadar zamanı olmuş mudur? Şüphesiz organizmaların evrimi için yeterli zamanın olduğunu biliyoruz. Tek başına fosil kayıtlar bize bunu söylemektedir. Acaba doğal seçilim bu değişimi yönetmek için yeteri kadar güçlü müydü?

Yaklaşımlardan biri fosil kayıtlardaki evrim hızı ile yapay seçilimin kullanıldığı laboratuvar denemelerinde görülen evrim hızı ile veya türler tarihsel zamanlarda yeni bir habitatı işgal ettikleri zaman ortaya çıkan evrimsel değişim üzerine tarihsel verinin evrim hızı ile karşılaştırmaktır. Eğer fosil kayıtlardaki evrim, her ikisi de çok güçlü seçilim gerektiren laboratuvar deneyleri veya işgal olaylarındakinden çok daha hızlıysa, seçilimin fosillerdeki değişimleri açıklayıp açıklayamadığını yeniden düşünmeye

ihtiyacımız olabilir. Fakat gerçekte sonuçlar tam aksi yöndedir. Michigan Üniversitesi'nden Philip Gingerich, laboratuvar ve işgal çalışmaları süresince hayvan büyüklük ve şeklindeki değişme hızının, gerçekte fosillerdeki değişim oranından çok daha hızlı olduğunu gösterdi: 500 kat daha hızlı olmaktan (işgal süresince olan seçilim) neredeyse bir milyon kat hızlı olmaya kadar (laboratuvar seçilim deneylerinde). Fosil kayıtlardaki en yüksek evrim hızı, insanların seçilimi laboratuvarda uyguladıklarında gördükleri *en yavaş* hızın yanına bile yaklaşamamaktadır. Dahası, işgal çalışmalarında gözlenen *ortalama* evrim hızı, bir fareyi sadece 10 bin yılda bir fil büyüklüğüne dönüştürmeye yetecek kadar yüksektir!

Öyleyse buradan çıkan ders, seçilimin fosil kayıtlarda gördüğümüz değişimleri açıklamak için kesinlikle yeterli olduğudur. İnsanların bu soruyu sormalarının bir nedeni, seçilimin işleye geldiği geniş zaman aralıklarını takdir etmemeleridir (edememeleridir). Ne de olsa, bizler ömrümüz–muhtemelen evrimimizin çoğunluğu boyunca 30 yıl kadar–ölçeğinde olan şeylerle uğraşmak için evrimleştik. On milyon yıllık bir zaman aralığı bizim sezgisel kavrayışımızı aşar.

Son olarak, doğal seçilim *gerçekten de* göz gibi karmaşık bir organı açıklamada yeterli midir? Omurgalıların (aynı zamanda ahtapot ve kalamar gibi yumuşakçaların) "kamera" gözü bir zamanlar yaradılışçıların sevgilisiydi. Doğal seçilim karşıtları sadece iris, mercekler, retina, kornea ve benzerlerinin karmaşık planı nedeniyle (bir görüntü yaratmak için hepsi birlikte çalışmak zorundadır) gözün kademeli olarak oluşamayacağını iddia ettiler. "Yarım bir gözün" nasıl bir faydası olabilir?

Darwin bu savı *Türlerin Kökeni*'nde harika biçimde cevapladı ve delillerle çürüttü. Darwin işlevsel fakat daha az karmaşık sadece kullanışlı olmakla kalmayan, fakat aynı zamanda bir kamera gözün nasıl evrimleşmiş olabileceğini gösteren hipotetik bir dizinde birlikte sıralanabilen gözler bulabileceğini görmek için *yaşayan* türleri gözden geçirdi. Eğer bu yapılabilirse, evet yapılabilir, yaşayan türlerin gözleri açık biçimde yararlı olduğundan, doğal seçilimin asla bir göz üretemeyeceği tezi çöker. Gözdeki her iyileşme, bir bireyin besin bulma, avcılardan sakınma ve ortamında dolaşması yetisini daha iyi kıldığından bariz yararlar sağlar.

Böylesi değişimlerin olası bir dizisi yassısolucanlarda görülen, ışığa-duyarlı pigmentten yapılmış olan basit nokta-gözlerle başlar. Daha sonra, deri nokta gözü koruyan bir çanak oluşturacak şekilde içe kıvrılır ve gözün ışık

kaynağının yerini daha iyi belirlemesine izin verir. Deniz salyangozları bunun gibi gözlere sahiptirler. Odacıklı notilusta (*Nautilus pompilius*) gelişmiş bir görüntü oluşturmak için çanağın açıklığında daha fazla bir daralma görürüz ve kum-solucanlarında (*Nereis* türleri) *çanağın açıklığını korumak için şeffaf bir* kılıf ile kapatılır. Deniz-kulaklarında (abalone) gözdeki sıvının bir kısmı, ışığı odaklamaya yardımcı olan bir mercek oluşturmak için katılaşmıştır ve memeliler gibi birçok türde, yakındaki kaslar merceği hareket ettirmek ve odaklanmasını değiştirmek için yeni işlev yüklenmişlerdir. Bir retina, bir optik sinir ve diğerlerinin evrimi doğal seçilimi sonucudur. Bu hipotetik "geçiş" serisinin her adımı taşıyıcısına artmış uyum sağlar; çünkü her ikisinin de, hayatta kalma ve üremeye yardımcı olduğu, gözün daha fazla ışık toplaması veya daha iyi görüntü oluşturmasını mümkün kılar. Bu sürecin her adımı, yaşayan farklı türlerin gözlerinde görüldüğü için olasıdır. Bu dizinin sonunda uyumsal evrimi olanaksız şekilde karmaşık görülen, kamera göze sahibiz. Ancak bu son gözün karmaşık yapısı bir seri küçük, uyumsal adıma bölünebilir.

Yine de yaşayan türlerin gözlerini bir uyumsal dizide birlikte zincirlemekten çok daha iyisini yapabiliriz. Aslında basit bir öncül ile başlayarak, gözün evrimini modelleyebilir ve doğal seçilimin bu öncülü, makul bir sürede, daha karmaşık bir göze dönüştürüp dönüştürmediğini gösterebiliriz. İsveç Lund Üniversitesi'nden Dan-Erik Nilsson ve Susanne Pelger bir pigment tabakasınca (retina) desteklenen ışığa-duyarlı hücrelerin bir kümesi ile başlayan böylesi bir matematiksel model oluşturdular. Daha sonra, yapının etrafındaki dokunun, her basamakta büyüklük ve kalınlığında sadece % 1'lik bir değişim miktarı ile sınırlayarak kendisini rastgele bozmasına izin verdiler. Doğal seçilimi taklit etmek için model sadece görüş keskinliğini geliştiren "mutasyonları" kabul etti ve geliştirmeyenleri reddetti.

Şaşırtıcı derecede kısa bir sürede, yukarıda tanımlanan gerçek hayvan serilerine benzer evrelerden geçerek karmaşık bir göz oluşturdu. Göz çanak oluşturmak için içeri katlandı, çanak şeffaf bir yüzey ile kapatıldı ve çanağın içi sadece bir mercek değil fakat en iyi olası görüntüyü üreten boyutta bir mercek oluşturmak için katılaştı.

Yassısolucan benzeri bir nokta-gözle başlayarak model, bir seri küçük uyumsal adımdan, tam söylemek gerekirse 1829 adımdan, geçerek omurgalıların karmaşık gözüne benzer bir şey üretti. Fakat Nilsson ve Pelger ayrıca bu sürecin ne kadar zaman alabileceğini de hesapladılar. Bunu yapmak

için, seçilimi deneyimlemeye başladığında populasyonda göz şekli için ne kadar genetik varyasyonun bulunduğu ve gözün büyüklüğünde her yararlı adımında doğal seçilim ne kadar güçlü biçimde lehte olacağı konusunda kabullerde bulundular. Bu kabuller makul fakat genetik varyasyonun çok olmadığı ve doğal seçilimin çok zayıf olduğu şeklinde bilinçli olarak tutucuydu. Buna rağmen göz oldukça çabuk evrimleşti: Gelişmemiş bir ışık yamasından kamera göze tüm süreç 400 bin yıldan daha az zaman aldı. Göze sahip en eski hayvanın 550 milyon yıl geriye gittiği düşünüldüğünde, bu modele göre karmaşık gözün evrimleşmesi için gerekli zamanın yaklaşık 1500 katı kadar fazla zaman vardır. Gerçekte ise, gözler hayvanların en az 40 grubunda bağımsız olarak evrimleşmişlerdir. Nilsson ve Pelgel makalelerinde katı biçimde söyledikleri gibi "Gözün Darwin'in evrim kuramına hiçbir zaman gerçek bir tehdit oluşturmadığı çok açıktır."

Peki, şimdi neredeyiz? Doğal seçilime çok benzer bir sürecin, bitki ve hayvan ıslahının yabani türlerden mevcut genetik varyasyonu aldığını ve bundan dev "evrimsel" dönüşümler yaptığını biliyoruz. Bu dönüşümlerin geçmişte gerçekleşmiş olan gerçek evrimsel değişimlerden çok daha büyük ve hızlı olduğunu biliyoruz. Seçilimin laboratuvarda hastalık yapan mikroorganizmalarda ve doğada iş başında olduğunu biliyoruz. Mutlak olarak doğal seçilim tarafından şekillendirilmemiş hiçbir uyum bilmiyoruz ve birçok durumda güvenilir biçimde seçilimin bunları nasıl oluşturduğunu kestirebiliyoruz. Matematiksel modeller doğal seçilimin karmaşık özellikleri kolayca ve hızlıca üretebileceğini göstermektedir. Açık sonuç şudur: Genetik sürüklenme de evrimde rol oynadığından, doğal seçilimin *her* özelliğinin değil, fakat bütün *uyumsal* evrimin nedeni olduğunu kabul edebiliriz.

Doğrudur, yetiştiriciler bir kediyi bir köpeğe dönüştüremediler; laboratuvar çalışmaları bir bakteriyi bir amibe dönüştürmedi (her ne kadar laboratuvarda yeni bakteri türleri oluştuğunu görmüş olsak da). Fakat bunların doğal seçilim için ciddi itirazlar olduğunu düşünmek aptallıktır. Büyük dönüşümler zaman alır, çok büyük zaman aralıkları. Seçilimin gücünü gerçekten görmek için, seçilimin ömrümüz süresince yarattığı küçük değişimleri, doğada gerçek çalışma biçimi olan milyonlarca yıla uyarlamamız gerekir. Büyük Kanyon'un derinleştiğini de göremeyiz; fakat aşağıda Colorado nehrinin sessizce oymaya devam ettiği büyük dipsiz kuyuya göz attığınızda, Darwinizmin en önemli dersini öğreniyorsunuz: Uzun süreçler boyunca işleyen zayıf güçler büyük ve dramatik değişimler yaratabilir.

Bölüm 6

Eşey Evrimi Nasıl Yönetir

Sözgelimi, cennetkuşu veya tavus kuşu erkeklerinin güzel tüylerini dişinin önünde kabartmaları, germeleri ve titreştirmelerinde gösterdikleri özenin hiç nedensiz olduğu düşünülemez.

–Charles Darwin

Doğada tam gösteri yapan, parlak mavi bir vücudun arkasında, kabarmış göz noktaları, bütün ihtişamı ile yelpaze gibi açılmış yanardöner mavi-yeşil kuyruğu ile bir erkek tavus kuşundan daha göz kamaştırıcı çok az hayvan vardır. Fakat bu kuşu güzel yapan özellikleri, aynı zamanda hayatta kalmada *uyumsuzluklar* içerdiği için, Darwinizmi her yönüyle ihlal eder gibi görünmektedir. Bu uzun kuyruk, bir tavus kuşunu havalanmak için çabalarken gören her kişinin bildiği gibi, uçmada aerodinamik problemler üretir. Bu hiç kuşkusuz, gece ağaçlardaki tüneklerine çıkmada ve özellikle ıslak kuyruğun tam olarak bir engel oluşturduğu muson yağmurları süresince avcılardan kaçınmada, kuşlara zorluk yaratır. Parıltılı renkleri, özellikle kısa kuyruklu ve donuk yeşilimsi kahve renkleriyle ile kamufle dişiler ile karşılaştırıldığında avcıların ilgisini de çeker. Her yıl bütünüyle yeniden büyümek zorunda olan erkeğin çarpıcı kuyruğuna yüksek miktarda metabolik enerji ayrılır.

Tavus kuşu tüyleri sadece anlamsız değil fakat fiziksel bir kusur gibi görünmektedir. Bunun bir uyum olması nasıl mümkün olabilir? Bu örtünün

doğal seçilim ile evrimleşmesi durumunda bekleneceği gibi, böylesi tüylere sahip bireyler daha fazla gen bırakmışlarsa, neden dişiler eşit derecede gösterişli değillerdir? Amerikalı biyolog Asa Gray'e 1860 yılında yazdığı bir mektupta Darwin bu konu hakkında konuşur: "Göz düşüncesinin bana soğuk terler döktürdüğü zamanları iyi hatırlıyorum, fakat bu dert evresinin üstesinden gelmeyi bildim ve şimdi yapıların önemsiz ayrıntıları beni sıklıkla çok rahatsız etmektedir. Bir tavus kuşunun kuyruğundaki bir teleğin görüntüsüne ne zaman dikkatlice baksam, hasta oluyorum!"

Tavus kuşu kuyruğu gibi bilmeceler çoktur. Yokolmuş olan İrlanda elkini ele alalım (aslında bir yanlış isimlendirmedir ne sadece İrlanda'ya aittir ne de bir elktir; gerçekte şimdiye kadar tanımlanan en büyük geyiktir ve Avrupa ve Asya'nın her yerinde yaşamıştır). Sadece yaklaşık 10 bin yıl önce ortadan kalkmış olan bu türün erkekleri, bir uçtan bir uca yaklaşık üç buçuk metreden fazla bir genişliğe sahip, çok büyük bir çift boynuzun kibirli taşıyıcılarıydı. Birlikte yaklaşık 40 kilo gelen bu boynuzlar önemsiz iki buçuk kiloluk bir kafatasının tepesine oturmuşlardı. Bunun yarattığı baskıyı düşünün. Bu bütün gün boyunca başınızın üstünde bir çocukla yürümeye benzer. Tavus kuşu kuyruğu gibi, bu boynuzlarda her yıl tamamen sıfırdan yeniden büyümek zorundadırlar.

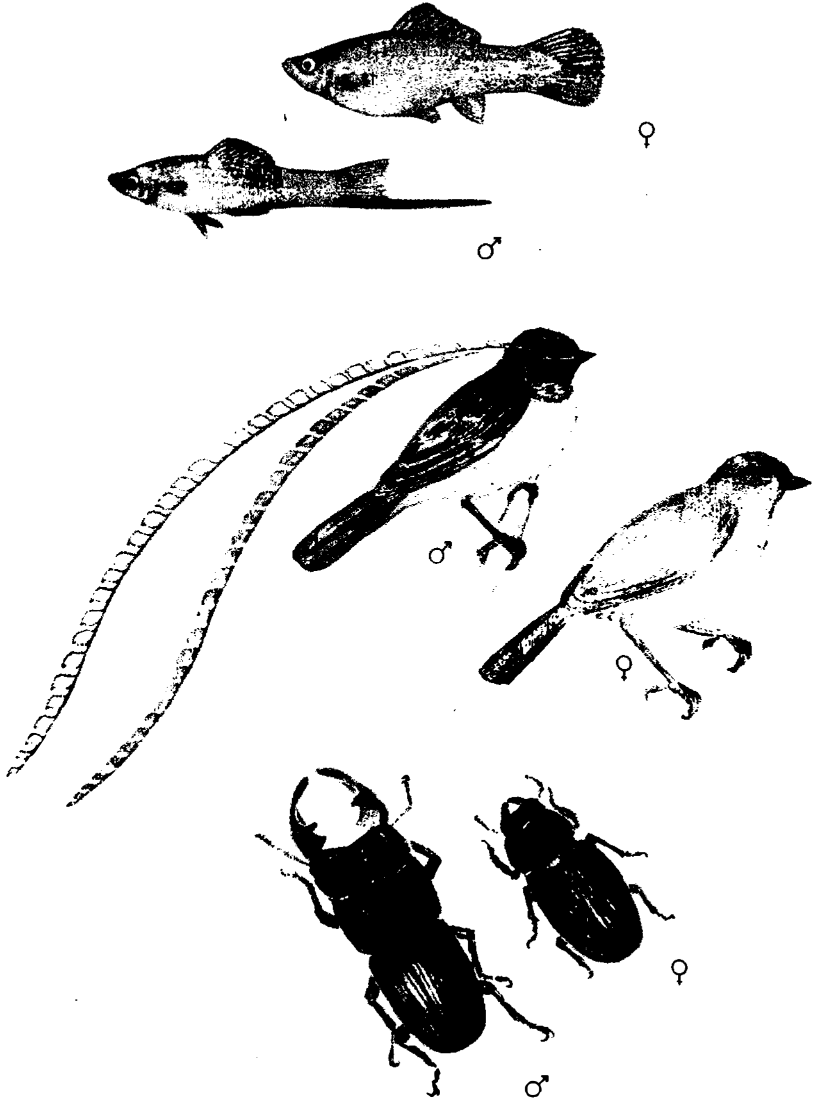
Gösterişli özelliklere ek olarak, sadece bir eşeyde görülen ilginç özellikler vardır. Orta Amerika tungara kurbağalarının erkeği her gece uzun bir serenat ötmek için şişirilebilir ses torbalarını kullanır. Şarkılar ötmeyen dişilerden çok daha fazla öten erkekler üzerinde beslenen yarasalar ve kan-emici sineklerin, dikkatini çeker. Avustralya'da erkek çardak-kuşları çubuklardan büyük ve tuhaf "çardaklar" yaparlar; türlere bağlı olarak tünel, mantar veya çadır şeklinde olabilirler. Çiçekler, salyangoz kabukları, meyveler, tohum kılıfları ve insanlara yakın oldukları yerlerde şişe kapakları, cam parçaları ve yaldızlı kâğıt gibi süs eşyası ile süslerler. Bu çardakları yapmak saatler ve bazen günler alır (bazıları yaklaşık 3 metre eninde ve 1,5 metre yüksekliğindedir) ve fakat bunlar yuva olarak kullanılmazlar. Peki, neden erkek tüm bu zahmete katlanmaktadır?

Sadece Darwin'in yaptığı gibi, bu özelliklerin hayatta kalmayı azalttığı spekülasyonunu yapmak zorunda değiliz. Son yıllarda bilim insanları aslında bunların ne kadar maliyetli olabileceğini gösterdiler. Kızıl-yakalı dul-kuşu (*Euplectes ardens*) koyu kızıl bir gerdan ve baş lekesi ile bezeli ve son derece uzun kuyruk telekleri taşıyan–kabaca vücudunun iki katı

uzunluğunda–parlak siyah bir kuştur. Arkasında debelenen kuyruğu ile havada savaş veren erkeği uçarken gören herkes, bu kuyruğun ne iş olduğunu merak eder. İsveç Göteborg Üniversitesi'nden Sarah Pryke ve Steffan Andersson Güney Afrika'da bir grup erkek yakaladılar ve bir grupta yaklaşık iki buçuk santim diğer bir grupta 10 santim kısaltacak şekilde kuyruklarını tıraşladılar. Üreme sezonundan sonra erkekleri yakaladıklarında, uzun kuyruklu erkeklerin kısa kuyruklu erkeklere göre önemli ölçüde kilo kaybettiklerini buldular. Açık şekilde uzun kuyruklu olmak önemli bir handikaptır.

Yakalı kertenkeleler üzerinde zekice bir deneyde gösterildiği gibi parlak renkler de bir handikaptır. Batı Birleşik Devletlerde yaşayan bu 30 santim boyundaki kertenkelenin her iki eşeyi oldukça farklı görünür. Erkeklerin turkuaz vücudu, sarı başı, siyah boyun yakası ve siyah-beyaz benekleri vardır. Daha az gösterişli dişiler grimsi kahverengi renklidirler ve sadece hafifçe beneklidirler. Parlak renkli erkeklerin daha fazla avcı çektiklerini sınamak için, Oklahoma Üniversitesi'nden Jerry Husak ve meslektaşları erkek ve dişi kertenkeleler gibi boyanmış kil modelleri çölde dışarıya bıraktılar. Bu yumuşak kil modelleri gerçek hayvanlarla karıştıran her avcının ısırık izleri korunacaktır. Sadece bir hafta sonra, 40 gösterişli erkek modelden 35'inde çoğunlukla yılan ve kuşların ısırık izleri görülürken, 40 sönük dişi modelin *hiçbiri* saldırıya maruz kalmamıştı.

Bir türün erkek ve dişileri arasında kuyruk, renk ve ötüş gibi farklılık gösteren özellikler Yunanca "iki form" anlamında *eşeysel iki-biçimlilik (=dimorfizm)* olarak adlandırılır (Şekil 23 birkaç örnek göstermektedir). Biyologlar tekrar tekrar erkeklerde, zaman ve enerjiyi ziyan etmeleri ve hayatta kalmayı azaltmaları nedeniyle, evrim kuramını ihlal eder gibi görünen eşeysel iki-biçimli özellikler buldular. Renkli lepistes erkekleri renksiz dişilerine göre çok daha fazla av olurlar. Bir Akdeniz kuşu olan siyah kuyrukkakan erkeği, çeşitli yerlerde kendi ağırlığının 50 katı kadar çakıl taşını üst üste yığarak iki haftalık bir süre içinde büyük taş anıtlar diker. Büyük ormantavuğu erkeği, arazide aşağı yukarı gerinip kanat çırparak ve iki büyük ses torbasından yüksek sesler çıkararak zarif bir gösteri yapar.[32] Bu maskaralık bir kuşun muazzam miktarlarda enerjisini tüketebilir: Bir günlük gösteride bir muz tatlısındakine eşit miktarda kalori yakılır. Eğer seçilim bu özelliklerden sorumluysa (ve karmaşık yapıları göz önüne alındığında) bunların nasıl olduğunu açıklamak zorundayız.



ŞEKİL 23. Erkek ve dişilerin görünüşü arasında dikkate değer farklılıklar sergileyen eşeysel iki-biçimlilik örnekleri. Üstte: Kılıçkuyruk (*Xiphophorus helleri*); ortada: Saksonya Kralı Cennetkuşu (*Pteridophora alberti*), erkekleri bir tarafta gök mavisi diğer tarafında kahverengi olan gösterişli baş süslerine sahiptirler; altta: Boynuzlu kınkanatlı (*Aegus formosae*).

Çözümler

DARWİN'DEN ÖNCE EŞEYSEL iki-biçimlilik bir gizemdi. Bu dönemde yaradılışçılar, şimdi olduğu gibi doğaüstü bir tasarımcının neden bir eşeyde ve sadece bir eşeyde, bireyin hayatta kalmasına zarar veren özellikler üretmiş olduğunu açıklayamıyorlardı. Doğadaki çeşitliliğin büyük açıklayıcısı olarak Darwin, doğal olarak bu görünüşte yararsız özelliklerin nasıl evrimleştiğini anlamaya can atıyordu. Sonunda açıklanmalarının anahtarını fark etti: Eğer özellikler bir türün erkek ve dişiler arasında farklıysa, bu özenli davranışlar, yapılar ve süslemeler neredeyse her zaman erkek ile sınırlanmıştır.

Gelinen noktada, bu maliyetli özelliklerin nasıl evrimleştiğini tahmin etmiş olmalısınız. Seçilimin geçerliliğinin gerçekte hayatta kalmak değil fakat üreme başarısı olduğunu hatırlayınız. Gösterişli bir kuyruk veya baştan çıkarıcı bir ötüşe sahip olmak hayatta kalmanıza yardım etmez, fakat döl sahibi olma şansınızı arttırabilir (ve tüm bu frapan özellikler ve davranışların açığa çıkma nedenidir). Darwin bu uzlaşının farkına varan ve eşeysel iki-biçimli özelliklerin seçiliminden sorumlu bu tip için *eşeysel seçilim* terimini öneren ilk kişiydi. Eşeysel seçilim basitçe bir bireyin eş bulma şansını arttıran seçilimdir. Aslında, sadece doğal seçilimin bir altkümesidir; fakat çalıştığı eşsiz yol ve görünüşte uyumsal olmayan uyumlar üretmesi nedeniyle kendi özel bölümünü hak eden bir alt kümedir.

Eşeysel olarak seçilen özellikler, eğer erkeğin üreme başarısı, hayatta kalması başarısının azalması ile doğan maliyetten çok ise evrimleşir. Daha uzun kuyruklu dul-kuşları avcılardan iyi kaçamayabilirler; fakat dişiler daha uzun kuyruklu erkekleri eş olarak tercih edebilirler. Daha büyük boynuzlu geyikler, bu metabolik yük altında hayatta kalmak için çabalayabilirler, fakat muhtemelen turnuva yarışlarını daha sıklıkla kazanırlar ve böylece daha fazla döle babalık ederler.

Eşeysel seçilim iki şekilde görülür. Biri İrlanda geyiğinin büyük boynuzları ile örneklenen, dişiye erişim için *erkekler arasında doğrudan rekabettir.* Diğeri, dul-kuşlarının uzun kuyruğunu üreten olası eşler arasından *dişi tercihidir.* Erkek-erkek rekabeti (ya da Darwin'in sıklıkla kavgacı terminolojisi "Savaş Yasası") anlaşılması en kolay olandır. Darwin'in not ettiği gibi, "Neredeyse bütün hayvanlarda, dişiyi elde etmek için erkekler

arasında bir kavga olduğu kesindir." Bir türün erkeği doğrudan kavgaya girdiğinde, bu geyiklerin dövüşmeleri, erkek kınkanatlının kama boynuzları, saplı-gözlü sineklerin kafa kafaya toslaşması veya dev deniz fillerinin kanlı savaşları yoluyla olsun, rekabetçilerini uzaklaştırarak dişiye erişim kazanırlar. Seçilim hayatta kalmayı azaltmadan doğan maliyeti eş bulma şansını arttırma ile karşıladığı sürece, böylesi zaferleri teşvik eden her özellik lehinde çalışacaktır. Bu seçilim çeşidi silahlar üretir: Daha güçlü silahlar, daha büyük vücut, ya da bir erkeğin fiziksel kavgayı kazanmasına yardımcı olacak her şey.

Bunun aksine, parlak renkler, süslemeler, çardaklar ve çiftleşme gösterileri gibi özellikler, eş seçimi olan ikinci tip eşeysel seçilim tarafından biçimlendirilir. Dişi bakışı açısından, bütün erkeklerin aynı olmadıkları görülmektedir. Bazı erkeklerin özellik ve davranışlarını diğerlerinden daha çekici bulurlar; böylece bu özellikleri üreten genler populasyonlarda birikir. Bu senaryoda da erkekler arasında bir rekabet ögesi vardır, fakat dolaylıdır. Kazanan erkekler en yüksek sese, en parlak renklere, en çekici feromonlara, en baştan çıkarıcı gösterilere ve benzerlerine sahiptirler. Fakat erkek-erkek rekabetinin aksine, burada kazanana dişiler tarafından karar verilmektedir.

Eşeysel seçilimin her iki tipinde, erkekler dişiler için yarışırlar. Neden bunun tersi değildir? Bunun iki küçük hücrenin büyüklük farklılığına bağlı olduğunu biraz sonra öğreneceğiz: Sperm ve yumurta hücreleri.

Çok daha süslü veya en iyi gösteriyi sergiledikleri için yarışmayı kazanmalarına rağmen bu erkeklerin gerçekten daha fazla eş buldukları doğru mudur? Eğer değilse eşeysel seçilim kuramı bütünüyle çöker.

Gerçekten de, kanıtlar güçlü ve devamlı bir biçimde kuramı destekler. Yarışma ile başlayalım. Kuzey Amerika Pasifik kıyılarının kuzey deniz filleri büyüklük bakımından aşırı eşeysel iki-biçimlilik gösterirler. Dişiler kabaca üç metre boyunda ve yaklaşık 700 kilo kadarken, erkekler neredeyse iki kat boyda ve 2,5 tondan daha ağırdırlar (bir Volkswagen'den büyük ve ağırlığının iki katından daha fazla). Ayrıca *polijiniktirler*, ani erkekler üreme sezonu boyunca birden fazla dişi ile çiftleşirler. Erkeklerin yaklaşık üçte biri çiftleştikleri dişi haremlerini (bir alfa erkek için 100 kadar çiftleşme!) himaye ederken, geri kalan erkekler bekârlığa talim ederler. Çiftleşme piyangosunu kimin kazandığı ve kimin kaybettiği, dişiler daha kıyıya çıkmadan önce, er-

kekler arasındaki şiddetli kavgayla belirlenir. Bu çekişmeler, büyük boğaların ağır vücutlarıyla şiddetle çarpıştıkları, dişleriyle derin boyun yaraları açtıkları ve en büyük erkeğin tepede olduğu bir baskınlık hiyerarşisi kuracak şekilde kanlı olur. Dişiler geldiklerinde, baskın erkek tarafından haremlerindeki sürüye katılırlar ve yaklaşan rakiplerini uzaklaştırırlar. Herhangi bir yılda çoğu yavru sadece birkaç en büyük erkeğin dölleridirler.

Bu erkek rekabetidir, saf ve basit, ödül üremedir. Bu üreme sistemini aldığımızda, eşeysel seçilimin büyük, öfkeli erkeklerin evrimini nasıl teşvik ettiğini görmek kolaydır. Daha büyük erkekler genlerini sonraki kuşağa bırakırken, daha küçük olanlar bunu yapamaz (Kavga etmek zorunda olmayan dişiler tahminen üreme için optimal ağırlıklarına yakındırlar). Kendi türümüzü de içeren ve birçok türde vücut büyüklüğünde gözlenen eşeysel iki-biçimlilik dişiye erişim için erkekler arasındaki mücadeleye bağlı olmalıdır.

Erkek kuşlar sıklıkla yuva yeri üzerine şiddetli kavgalara tutuşurlar. Birçok türde, erkekler dişileri, sadece yuva kurmak için iyi bir vejetasyona sahip, uygun olan bir parça yeri kontrol ederek çekerler. Bir kez bir yere sahip olduklarında, erkekler burayı görsel ve vokal gösteriler yanında tecavüzcü erkeklere doğrudan saldırarak savunurlar. Kulağımıza hoş gelen birçok kuş ötüşü gerçekte diğer erkeklerin uzak durmaları için uyarı tehditleridir.

Kuzey Amerika'da kızıl-kanatlı siyahkuş (*Agelaius phoeniceus*) açık egemenlik alanlarını (savunaklarını), genellikle tatlısu bataklıklarını savunur. Deniz filleri gibi bu tür de, bazı erkeklerin savunaklarında yuva kuran 15 kadar dişiye sahip olmalarıyla çok-dişilidirler (polijin). Birçok diğer erkek çiftleşemeyen "aylakçılar" olarak adlandırılır. Aylakçılar yerleşik erkeği onları dışarda tutmak için meşgul ederek, dişilerle kaçamak çiftleşmek için devamlı olarak kurulu savunaklara tecavüz etmeye çalışırlar. Bir erkek zamanının dörtte biri kadarını alanını ihtiyatla savunmaya harcayabilir. Doğrudan devriye gezmek yanında, kızıl-kanatlı erkekleri karmaşık şarkılar söyleyerek ve adlarını aldıkları omuzlarında parlak kırmızı bir apolet olan süsleme ile tehdit gösterisi yaparak savunaklarını korurlar (Dişiler kahverengidir, bazen küçük, kalıntı apoletli). Apoletlerini dişileri çekmek için değil, daha çok savunakları için kavgada diğer erkekleri tehdit için kullanılırlar. Deneylerde erkek apoletleri siyaha boyanarak bozulduğu zaman, erkeklerin % 70'i savunaklarını kaybetmişlerdir. Bu oran beyaz bir boya ile boyanmış kontrol grubu erkeklerde sadece % 10'dur. Apoletler muhtemelen savunağın dolu olduğuna işaret ederek tecavüzcüleri dışarda

tutmaktadır. Ötüş de çok önemlidir. Ötüş kabiliyetleri geçici olarak engellenmiş dilsiz erkekler de savunaklarını kaybetmişlerdir.

Siyahkuşlarda bu durumda ötüş ve tüyler erkeğe daha fazla çiftleşme şansı sunar. Yukarıda tanımlanan çalışmalarda ve diğer birçoğunda da araştırmacılar daha süslü özelliklere sahip erkeklerin bir sonraki nesilde daha fazla paya sahip oldukları için eşeysel seçilimin işlediğini gösterdiler. Bu sonuç basit görünebilir fakat araştırmacı biyologlar tarafından yüzlerce saatlik zorlu arazi çalışması gerektirmiştir. Parıltılı bir laboratuvarda DNA dizilemek çok daha şaşalı görünebilir; fakat bir bilim insanının seçilimin doğada nasıl çalıştığını bize söylemesinin tek yolu arazide toz yutmaktır.

Eşeysel seçilim tek başına çiftleşme eylemi ile sonlanmaz. Erkek çiftleşmeden sonra da rekabeti sürdürebilir. Birçok türde, dişiler kısa bir zaman süreci içinde birden fazla erkekle çiftleşirler. Bir erkeğin bir dişiyi döllemesinden sonra, erkek diğer erkeklerin dişiyi döllemesi ve babalık hakkını çalmalarını nasıl engelleyebilir? Bu çiftleşme sonrası rekabet eşeysel seçilim yoluyla bazı çok merak uyandırıcı özellikler üretmiştir. Bazen erkek çiftleşmeden sonra etrafta dolaşarak dişisini diğer taliplilere karşı korur. Eğer bir çift yusufçuğu birbirine yapışık görürseniz, bunun açıkça erkeğin döllenmeden sonra dişiyi koruması, fiziksel olarak dişiye diğer erkeklerin erişimini engel olması oldukça olasıdır. Bir Orta Amerika kırkayağı eş korumasında aşırıya kaçar. Bir dişiyi dölledikten sonra, herhangi bir rakibin dişinin yumurtalarını ele geçirmesini engellemek için erkek açıkça dişiyi birkaç gün güder. Ayrıca kimyasallarda bu işi görür. Bazı yılan ve kemirgenlerin menisi diğer çiftleşen erkekleri engelleyecek şekilde çiftleşmeden sonra dişinin üreme yolunu geçici olarak tıkayan maddeler içerir. Benimde çalıştığım bir grup sirke sineğinde, erkek dişiye bir anti-afrodizyak enjekte eder. Menisindeki bu kimyasal dişiyi birkaç gün yeniden çiftleşme isteğinden alıkoyar.

Erkekler babalık haklarını korumak için çeşitli savunma silahları kullanırlar. Ancak daha entrikacı olanları bile vardır. Birçoğu daha önce çiftleşmiş erkeklerin spermlerinden kurtulmak ve kendininkini yerleştirmek için *saldırı* silahlarına sahiptirler. En zekice araçlardan biri bazı kızböceklerinin "çıkarıcı penisidir". Erkek hâlihazırda önceden çiftleşmiş bir dişi ile çiftleştiğinde, daha önce çiftleşmiş erkeğin spermlerini çıkarmak için penisindeki geriye kıvrık dikenleri kullanır. Ancak bu spermler dişiden uzaklaştırıldıktan sonra kendi spermlerini aktarır. *Drosophila*'da kendi laboratuvarım erkek menisinin, daha önce çiftleşmiş erkeğin depolanmış spermlerini etkisiz kılan maddeler içerdiğini buldu.

Peki, eşeysel seçilimin ikinci şekline, yani eş seçimine ne demeli? Erkek-erkeğe rekabet ile karşılaştırıldığında, bu sürecin nasıl çalıştığı konusunda daha az bilgiye sahibiz. Bu renkler, telekler ve gösterinin, boynuzlar ve diğer silahlara göre çok daha az belirgin oluşu nedeniyledir.

Eş seçiminin nasıl evrimleştiğini anlamak için Darwin'de böylesi huzursuzluk yaratan sinir bozucu tavus kuşu kuyruğu ile başlayalım. Tavus kuşlarında eş seçimi üzerine çoğu çalışma, İngiltere'nin Bedfordshire, Whipsnade Parkı'nda serbest yaşayan bir populasyon çalışan Marion Petrie ve meslektaşları tarafından yapılmıştır. Bu türde erkekler, dişilere doğrudan karşılaştırma fırsatı veren hepsinin bir arada gösteri yaptıkları alan olan *leklerde* toplanırlar. Leke bütün erkekler değil, fakat sadece bir dişiyi kazanabilecekler katılır. Lekte bulunan 10 erkek üzerinde yapılan gözlemsel bir çalışma erkeğin kuyruk teleklerinde bulunan göz noktası sayısı ile başardıkları çiftleşme sayısı arasında güçlü bir ilişki olduğunu gösterdi. Yüz altmış göz noktasına sahip en gösterişli erkek tüm çiftleşmelerin %36'sını kazandı.

Bu sonuç daha gösterişli kuyrukların dişilerce tercih edildiğini önerir, fakat kanıtlamaz. Gerçekte dişinin tercihini, erkeğin kur yapmasının bazı başka yönlerine, söz gelişi gösterisinin gücüne göre yapması ve bunun tesadüfen telekler ile ilişkili görünmesi de olasıdır. Bunu ekarte etmek için deneysel yönlendirmeler yapılabilir. Bir tavus kuşunun kuyruğundaki göz noktası sayısı değiştirilir ve bunun eş edinme kabiliyetini etkileyip etkilemediği gözlenir. Ne ilginçtir ki, böylesi bir deney Darwin'in rakibi Alfred Russel Wallace tarafından 1869'da önerilmiştir. İkisi birçok konuda, özellikle de doğal seçilim konusunda hemfikir olmakla beraber, eşeysel seçilime gelindiğinde yolları ayrıldı. Erkek-erkeğe rekabet düşüncesi her ikisi için de sorun değildi, fakat Wallace dişi tercihi olasılığını hoş karşılamıyordu. Yine de bu konuda açık fikirliydi ve bunun nasıl sınanacağını önermek konusunda zamanına göre ilerdeydi:

> Süslemelerde hafif bir üstünlüğün genellikle tek başına çiftleşme tercihini belirlediği ispatlansa bile ki ispatlanmamıştır, kalan kısımda sadece süslemenin oynadığı rol oldukça küçük olacaktır.
>
> Ancak bu bir deneyle cevaplanacak bir sorundur ve ben ya bazı Zooloji Dernekleri ya da olanağı olan herhangi bir kişinin böylesi bir

deneme yapmasını öneririm. Hepsi dişlerce kabul edildiği bilinen, aynı yaştaki erkek kuşların bir düzinesi–örneğin evcil kümes hayvanları, yaygın sülün veya altın sülün–seçilmelidir. Bunların yarısında, kuşun biçimini bozmayacak, sadece doğada varyasyon ile oluşturulacak ölçüde bir değişiklik şeklinde, kuyruk teleklerinden bir veya ikisi kesilmeli ya da omuz tüyleri biraz kısaltılmalıdır. Daha sonra dişilerin bir yetersizlik algılayıp algılamadıkları ve hepsinin aynı şekilde az gösterişli erkekleri ret edip etmedikleri gözlenmelidir. Eğer böylesi deneyler dikkatli şekilde yapılır ve birkaç dönem akıllıca çeşitlendirilirse bu ilginç soru konusunda en değerli bilgileri verebilecektir.

Aslında, böylesi deneyler bir yüzyıl sonrasına kadar yapılmadı. Ancak şimdi sonuçlara sahibiz ve dişi tercihi yaygındır. Bir deneyde, Marion Petrie ve Tim Halliday bir gruptaki tavus kuşlarının her erkeğinin kuyruğundan 20 göz noktasını kestiler ve çiftleşme başarılarını elde tuttukları fakat kırpmadıkları kontrol grubu ile karşılaştırdılar. Gerçekten de, bir sonraki üreme döneminde süsleri azaltılmış erkekler ortalama olarak kontrol grubuna göre 2,5 kez daha az çiftleşti.

Bu deney dişilerin kesinlikle süslemeleri azaltılmamış erkekleri tercih ettiğini göstermektedir. Fakat ideal olarak, aksi yönde denemeler de yapmak isteriz: Kuyrukları *daha* gösterişli yapmak ve çiftleşme başarısının artıp artmadığını görmek. Bunu tavus kuşlarında yapmak zor olduğundan, savunakçı Afrika uzun-kuyruklu dulkuşunda (*Euplectes progne*) İsveçli biyolog Malte Andersson tarafından yapılmıştır. Bu eşeysel iki-biçimli türde, erkekler yaklaşık 50, dişiler ise 7 santim uzunluğunda bir kuyruğa sahiptir. Uzun erkek kuyruğunun bir kısmını keserek ve bu kesilmiş parçaların bir kısmını normal kuyruğa yapıştırarak, Andersson normal olmayan kısa kuyruklu (15 santim), normal "kontrol" kuyruklu (kuyruğun bir kısmının kesilip tekrar yapıştırıldığı) ve uzun kuyruklu (75 santim) erkekler oluşturdu. Beklendiği gibi, kısa-kuyruklu erkekler normal erkeklerle karşılaştırıldığında savunaklarında daha az yuva kuran dişiye sahip oldular. Fakat yapay olarak uzun kuyruklu erkekler, normal erkeklerin neredeyse iki katı kadar dişiyi çekerek, çiftleşmede okkalı bir artış kazandılar.

Bu bir soru doğurur: Eğer 75 santimlik bir kuyruğa sahip erkekler, daha fazla dişi edinebiliyorlarsa, neden dul-kuşları en başta bu uzunlukta

bir kuyruk evrimleştirmediler? Cevabı bilmiyoruz, fakat bu uzunlukta bir kuyruğa sahip olmanın eş bulma yeteneğini arttırmasından çok daha fazla erkeğin hayatta kalma olasılığını düşürmesi oldukça olasıdır. Yaşam beklentisi ile oranlandığında 50 santimlik uzunluk, muhtemelen maksimuma yakın olan toplam üreme çıktısı uzunluğudur.

Erkek çayır tavuğu çayırda gerçekleştirdiği bu antika gösteriden ne kazanır? Cevap yine çiftleşmedir. Tavus kuşları gibi çayır tavukları da oluşturdukları çiftleşme alanlarında izleyen dişilere toplu halde gösteri yaparlar. Sadece en güçlü erkekler günde yaklaşık 800 kere "şişinerek" dişileri kazanırken, geri kalan büyük çoğunluğunun eşleşme şansı bulamadığı gösterilmiştir.

Eşeysel seçilim çardak-kuşlarının mimarlık başarılarını da açıklar. Birçok çalışma her bir türde farklı olan çardak dekorasyonunun çiftleşme başarısı ile ilişkili olduğunu göstermiştir. Örneğin satin çardak-kuşu (*Ptilonorhynchus violaceus*), çardağına daha fazla mavi renkli telek iliştirdiğinde, daha fazla eş bulmaktadır. Benekli çardak-kuşları en yüksek başarıya yeşil *Solanum* meyveleri (yabani domatese akraba bir tür) sergileyerek ulaşırlar. Cambridge Üniversitesi'nden Joan Madden, benekli çardak-kuşu çardaklarından süslemeleri söktü ve daha sonra erkeklerine seçebilecekleri 60 nesne sundu. Gerçekten de, kuşlar çardaklarını temel olarak çardağın en görünen yerine gelecek şekilde yeniden *Solanum* meyveleri ile dekore ettiler.

Biyologlar eşleşme tercihi çalışmayı en kolay kuşlarda bulduklarından (kuşlar gün boyu aktiftirler ve gözlemlemek kolaydır) bu grup üzerine odaklandım; fakat diğer hayvanlardan da birçok eş tercihi örneği bulunmaktadır. Dişi tungara kurbağaları en karmaşık sesi çıkaran erkeklerle çiftleşmeyi tercih ederler. Dişi lepistesler daha uzun kuyruklu ve daha renkli benekli erkeklerden hoşlanırlar. Dişi örümcek ve balıklar çoğunlukla daha büyük erkekleri tercih ederler. Kapsamlı kitabı *Eşeysel Seçilim (Sexual Selection)*'de Malte Andersson erkek özelliklerinin geniş bir çeşidinin çiftleşme başarısı ile ilişkili olduğunu ve denemelerin büyük çoğunluğunda dişi tercihinin etkili olduğunu gösteren 186 türde 232 deney tanımlamaktadır.

Kısaca birçok eşeysel iki-biçimliliğin evrimini tetikleyenin dişi tercihi olduğu konusunda kuşku yoktur. Evet, Darwin haklıydı.

Şimdiye kadar iki önemli soruyu görmezden geldik: Neden dişiler seçme hakkına sahipken erkekler kur yapmak veya onlar için kavga etmek zorundadır? Ve en başından neden dişiler seçmektedir? Bu sorulara yanıt bulmak için önce organizmaların neden eşey külfetine sahip olması gerektiğini anlamak zorundayız.

Neden Eşey?

EŞEYİN NEDEN EVRİMLEŞTİĞİ, gerçekte evrimin en büyük gizemlerinden biridir. Genlerinin sadece yarısını içeren yumurta veya spermler yaparak eşeysel olarak üreyen herhangi bir birey, eşeysiz üreyen bir birey ile karşılaştırıldığında, bir sonraki kuşağa genetik katkısının % 50'sini gözden çıkarır. Olaya şu yönden bakalım. İnsanlarda normal formunun eşeysel üremeye yol açtığı, fakat mutant formunun dişinin *partenogenetik* üremesini (Döllenmeden gelişen yumurtalar üreterek üreme. Bazı hayvanlar gerçekten de bu yolla çoğalırlar: Yaprakbitleri, balıklar ve kertenkeleler) sağladığı bir gen olduğunu düşünelim. İlk mutant kadın sadece, kızlarının da daha fazla kız üreteceği, kızlara sahip olacaktır. Bunun tersine, mutant olmayan eşeysel olarak üreyen kadınlar, yarı yarıya kız ve oğlan üretecek şekilde bir erkekle çiftleşmek zorunda olacaklardır. Populasyonda kadınların oranı, kadın havuzu artan ölçüde sadece kız üreten mutantlarla dolacağından, hızla % 50'nin üstüne çıkmaya başlayacaktır. Sonunda tüm dişiler eşeysiz olarak üreyen anneler tarafından üretilmiş olacaklardır. Erkekler gereksiz hale gelecek ve yok olacaklardır. Hiçbir mutant dişi erkeklerle çiftleşme ihtiyacı duymayacak ve bütün dişiler sadece daha fazla dişi doğuracaktır. Partenogenez için gerekli gen, eşeysel üreme için gerekli geni yarış dışı bırakacaktır. "Eşeysizlik" geninin "eşeylilik" genine göre her nesilde kendi kopyasının iki katını üreteceğini kuramsal olarak gösterebilirsiniz. Biyologlar bu durumu "eşeyin iki kat maliyeti" olarak adlandırırlar. Sonuç olarak doğal seçilim altında, partenogenez için gerekli genler, eşeyli çoğalmayı ortadan kaldıracak şekilde hızla yayılacaklardır.

Fakat bu durum gerçekleşmemiştir. Dünyadaki türlerin büyük bir kısmı eşeysel olarak ürerler ve çoğalmanın bu şekli bir milyar yıldan fazla bir zamandan bu yana görülmektedir[33]. Eşey maliyeti neden eşeyin partenogenez ile yer değiştirmesine yol açmamıştır? Açıkça, eşeyli üreme, eşey maliyetini fazlasıyla karşılayan bazı büyük evrimsel avantajlara sahip olmak zorundadır. Bu avantajın ne olduğunu tam olarak bilmemekle beraber, bu konuda kuram kıtlığımız yoktur. Burada anahtar, döllerde yeni gen bileşimleri üreten eşeysel çoğalma sırasında, genlerin rastgele karışımında yatmaktadır. Bir bireyde birkaç yararlı geni bir araya getirerek eşey, sürekli değişen çevre şartları ile başa çıkmak için daha hızlı evrimi teşvik edebilir

(evrimleşen kendi savunmamıza karşılık vermek için durmaksızın evrimleşen parazitlerde olduğu gibi). Ya da eşey muhtemelen kötü genleri ciddi derecede dezavantajlı bir bireyde, yani bir genetik şamar oğlanında toplayarak, bu genlerin bir türden tasfiyesini sağlayabilir. Yine de biyologlar halen eşeyin iki kat maliyetini aşacak bilinen her hangi bir avantajı olup olmadığını sorgulamaktadırlar.

Ancak bir kez eşey evrimleştiğinde eşeysel seçilim, eğer sadece iki şeyi daha açıklayabilirsek, kaçınılmaz olarak devreye girer. Birincisi, yavru üretmek için çiftleşmek ve genlerini bir araya getirmek zorunda olan neden sadece iki eşey (üç veya daha fazla olmak yerine) vardır? İkinci olarak, neden bu iki eşey farklı büyüklük ve sayıda gametlere sahiptirler? (Erkekler çok sayıda küçük sperm üretirken dişiler birkaç fakat büyük yumurta üretirler). Eşey sayısı üzerine olan soru, oldukça karmaşık kuramsal bir konudur ve üzerinde çok fazla durmamızı gerektirmez. Ancak sadece şu kadarını söylemekle yetinelim. Kuram üç veya daha fazla eşeyin bulunduğu üreme sistemlerinde bile en sonunda iki eşeyin kalacağını, yani iki eşeyliliğin en sağlam ve kararlı strateji olduğunu ortaya koymaktadır.

Neden iki eşeyin farklı sayı ve büyüklükte gametlere sahip oldukları konusundaki kuramlarda eşit derecede karmaşıktır. Bu durum muhtemelen başlangıçta her iki eşeyin eşit büyüklükte gametlere sahip oldukları daha erken dönemlerdeki eşeyli çoğalan türlerden evrimleşmiştir. Kuramcılar oldukça ikna edici bir biçimde, doğal seçilimin bu atasal durumu bir eşeyde (biz "erkek" diyoruz) çok sayıda küçük gamet (sperm veya polen) ve diğerinde ("dişi") yumurta olarak bilinen daha az sayıda fakat daha büyük gamet hücreleri üretmek yönünde destekleyeceğini göstermişlerdir.

Tüm bu eşeysel seçilim stratejilerini başlatan gametlerin büyüklüğündeki bu asimetri olup, iki eşeyin farklı üreme stratejileri evrimleştirmelerinin de nedenidir. Erkeği ele alalım. Bir erkek büyük miktarlarda sperm üretebilir ve bu yüzden potansiyel olarak sadece ilgisini çekebildiği dişi sayısı ve spermlerinin rekabet yeteneği ile sınırlı olmak üzere çok sayıda yavrunun babası olabilir. Dişi için durum farklıdır. Yumurtalar maliyetli ve sayı olarak sınırlıdır; bir dişi kısa bir zaman diliminde çok sayıda çiftleşme gerçekleştirse bile, bunun yavru sayısını arttırmaya çok az katkısı (eğer hiç varsa) olacaktır.

Bu farklılığın açık bir ispatı insan dişisine karşın erkeğinin üretebildiği çocuk sayısı kayıtlarına bakılarak görülebilir. Eğer bir kadının yaşamı boyunca doğurabileceği maksimum çocuk sayısını tahmin edecek olsanız,

olasılıkla 15 civarı dersiniz. Yeniden tahmin edin! *Guinness Dünya Rekorlar Kitabı*, bu sayıyı "resmi" olarak 18. yüzyılda yaşamış bir Rus köylü kadın için 69 olarak vermektedir. 1725 ile 1745 yılları arasındaki 27 gebeliğinde, 16 kez ikiz, 7 kez üçüz ve 4 kez dördüz doğurmuştur (muhtemelen bu çoklu doğumlar için fizyolojik veya genetik yatkınlığa sahipti). Bu gayretli kadın için üzülebilirsiniz fakat bu rekor bir erkek olan Fas kralı Molla İsmail (1646-1727) tarafından açık ara geçilmiştir. Kral İsmail *Guinness* tarafından "en az 342 kız ve 525 oğlanın babası ve 1721 itibarıyla 700 erkek dölün (çocuk-torun) sahibi olarak ün kazanan" kişi olarak kaydedilmiştir. Bu uç örneklerde bile erkekler kadınlardan on kattan daha fazla başarılıdır.

Erkekler ve dişiler arasındaki evrimsel farklılık, farklı *yatırımın* bir sonucudur. Maliyetli yumurtalara karşın ucuz sperm, hamileliğe yatırım (dişi döllenmiş bir yumurtayı koruduğu ve beslediği zaman) ve birçok türde tek başına dişinin yavruyu büyüttüğü ebeveyni bakımı yatırımı bazı örneklerdir. Erkek açısından çiftleşmek ucuz, dişi açısından pahalıdır. Erkek için çiftleşme sadece küçük bir miktar sperme mal olurken dişi için çok daha maliyetlidir: Büyük, besince zengin yumurtaların üretimi ve çoğunlukla büyük miktarda enerji ve zaman harcama. Memeli türlerinin % 90'ından çoğunda bir erkeğin yavruya yatırımı sadece spermleridir ve dişi diğer bütün ebeveyn bakımından sorumludur.

Potansiyel çiftleşme ve yavru sayısında dişi ve erkekler arasındaki bu asimetri, sıra bir eş seçmeye geldiğinde çıkar çatışmalarına yol açar. Erkeklerin bir "standart altı" dişi (hasta veya zayıf diyelim) ile çiftleşmeden kaybedeceği fazla bir şey yoktur. Çünkü yeniden ve defalarca çiftleşebilirler. Seçilim bu durumda bir erkeği hovarda, yani durmaksızın neredeyse her dişiyle (veya dişiye en küçük bir benzerlik gösteren *herşeyle*) çiftleşmeye çalışan genlerini ödüllendirir. Örneğin erkek çayır tavuğu inek gübresi yığını ile çiftleşmeye çalışır ve daha önce değindiğimiz gibi bazı orkideler şehvetli erkek arıları taç yaprakları ile çiftleşmeye ayartarak tozlaşırlar.

Dişiler farklıdırlar. Yumurta ve yavruya daha yüksek yatırımlarından dolayı, en iyi taktikleri kolay olmak yerine oldukça zor olmaktır. Dişiler sınırlı sayıdaki yumurtalarını dölleyecek en iyi erkeği seçmek için çok titiz olmak zorundadırlar. Bu nedenle potansiyel eşlerini oldukça yakından incelemeye ihtiyaç duyarlar.

Genel olarak bunun neden olduğu şey, erkeklerin dişiler için yarışmak zorunda olmalarıdır. Erkekler hovarda, dişiler çekingen olmalıdır. Bir er-

keğin yaşamı, rakipleri ile eş bulma üzerine sürekli rekabet halinde olduğu şiddetli çatışmalardan ibarettir. Ya daha çekici ya da daha güçlü iyi bir erkek, daha fazla sayıda çiftleşmeyi garanti altına alacakken (muhtemelen daha fazla dişi tarafından da tercih edilecektir), standart altı bir erkek çiftleşemeyecektir. Diğer yandan, neredeyse tüm dişiler en sonunda bir eş bulacaktır. Her bir erkek dişiler için rekabet ettiğinden, dişilerin çiftleşme başarısı dağılımları daha eşit olacaktır.

Biyologlar bu farklılığı, çiftleşme başarısındaki *değişkenliğin* erkeklerde dişilerden daha yüksek olması gerektiğini söyleyerek tanımlarlar. Gerçekten böyle midir? Evet, çoğunlukla böylesi bir farklılık görürüz. Örneğin, kızıl geyiklerde erkeklerin yaşamları boyunca bıraktıkları yavru sayıları arasındaki varyasyon, dişilere göre üç kat fazladır. Bu dengesizlik birkaç üreme mevsimi süresince yarısından fazlasının döl bıraktığı dişilerle karşılaştırıldığında, bütün erkeklerin *sadece* % 10'undan azının döl bıraktığı deniz fillerinde daha da yüksektir[34].

Erkek ve dişiler arasındaki bu potansiyel yavru sayısı farklılığı, erkekler arasında rekabet ve dişi tercihi olgularının her ikisini de yönetir. Erkekler sınırlı sayıdaki yumurtayı döllemek için rekabet etmek zorundadırlar. "Savaş yasasını" bu yüzden görmekteyiz. Bir sonraki nesile genlerini geçirmek için erkekler arasında doğrudan rekabet vardır. Bu ayrıca "Beni seç, beni seç" demelerinin bir yolu olarak, erkeklerin gösterişli olmaları veya gösteri yapmaları, çiftleşme ötüşleri, çardaklar ve benzerlerini yapmalarının nedenidir. Son kertede, erkeğin daha uzun kuyruğu, daha güçlü gösterisi ve daha yüksek ötüşünün evrimini yöneten dişi tercihidir.

Biraz önce tanımlamış olduğum bu senaryo bir genellemedir ve istisnaları vardır. Erkek ve dişinin her ikisinin ebeveyn bakımı sağladığı bazı türler tek eşlidir. Eğer erkekler eş aramak için yavrularını terk etmek yerine, yavrularının bakımına yardım ederek, daha fazla döle sahip oluyorlarsa, evrim tek eşliliği destekler. Örneğin birçok kuşta, iki tam zamanlı ebeveyn gereklidir: Biri besin aramaya gittiğinde diğeri yumurtaları kuluçkalamaya devam eder. Fakat doğada tek eşli türler o kadar yaygın değildir. Örneğin, tüm memeli türlerinin sadece % 2'si bu tip bir üreme sistemine sahiptir.

Dahası, eşeysel seçilimin işe karışmadığı vücut büyüklüğündeki eşeysel iki-biçimlilik için açıklamalar vardır. Örneğin benim çalıştığım sirke sineklerinde, dişiler sırf büyük ve maliyetli yumurtalar üretmeye gereksinim

duyduklarından, daha büyük olabilirler. Veya dişi ve erkekler farklı besin kaynakları üzerinde özelleştiklerinde daha verimli avcılar olabilirler. İki eşeyin üyeleri arasında rekabeti azaltan doğal seçilim, vücut büyüklüğünde farklılığın evrimleşmesine yol açabilir. Bu dişilerin erkeklerden daha büyük olduğu ve daha büyük avlar da yakaladıkları bazı kertenkele ve yırtıcı kuşlardaki iki-biçimliliği açıklar.

Kuralları Çiğnemek

Tuhaf şekilde, eşeysel iki-biçimliliği birçok "sosyal olarak tekeşli" türde, yani erkek ve dişilerin çift oluşturdukları ve yavrularını birlikte büyüttükleri sistemlerde de görmekteyiz. Erkekler bu türlerde dişi için rekabet etmediklerine göre, neden parlak renkler ve süsler evrimleştirmişlerdir? Görünüşteki bu çelişki, gerçekte eşeysel seçilim kuramına daha fazla destek sağlar. Bu örneklerde görünüşün yanıltıcı olduğu ortaya çıkmaktadır. Bu türler sosyal tekeşlidirler ancak *gerçekte* tekeşli değillerdir.

Bunlardan biri, benim Chicago'dan meslektaşım Stephen Pruett-Jones tarafından çalışılan bir Avustralya mavi ötleğen (*Malurus splendens*) türüdür. İlk bakışta bu tür tekeşliliğin timsali gibi görünmektedir. Erkek ve dişiler genellikle erişken yaşamlarının tamamını birbirlerine sosyal olarak bağlı geçirirler; egemenlik alanlarını birlikte savunurlar ve ebeveyn bakımını paylaşırlar. Ancak yine de, tüylerinde çarpıcı eşeysel iki-biçimlilik gösterirler. Erkekler parlak fosforlu mavi ve siyah iken, dişiler donuk grimsi kahverengidirler. Neden? Çünkü aldatma yaygındır. Sıra çiftleşmeye geldiğinde, dişiler kendi "sosyal eşlerinden" daha sıklıkla *diğer* erkeklerle çiftleşirler (Bu durum DNA ebeveynlik analizleri ile de gösterilmiştir). Erkekler de aynı oyunu oynarlar; etkin şekilde "fazladan-eş" çiftleşmesi arar ve talep ederler. Fakat dişilere göre üreme başarılarında halen çok fazla değişkenlik görülür. Bu yasak çiftleşmelerle ilişkili eşeysel seçilim neredeyse kesin olarak eşeyler arasındaki renk farklılığının evrimini üretmiştir. Bu kuşlar davranışlarında tek değillerdir. Tüm kuş türlerinin % 90'nı sosyal tekeşli olmakla beraber, bu türlerin dörtte üçünde erkek ve dişiler sosyal eşlerinin dışında bireylerle çiftleşirler.

Eşeysel seçilim kuramı sınanabilir öngörülerde bulunur. Eğer sadece eşeylerden biri parlak tüylere veya boynuzlara sahipse, güçlü çiftleşme gösterisi sergiliyorsa veya dişiyi ayartmak için özenli yapılar inşa ediyorsa, bu eşeyin üyelerinin diğer eşeyin üyeleri ile çiftleşmek üzerine rekabet ettiklerine bahse girebilirsiniz. Ayrıca davranış veya görünüşlerinde daha az eşeysel iki-biçimlilik sergileyen türlerin tekeşli olmaları daha olasıdır. Eğer dişi ve erkek çift oluşturur ve eşlerinden sapmazlarsa, eşeysel rekabet ve dolayısıyla eşeysel seçilim yoktur. Gerçekten de biyologlar, üreme sistemi ve eşeysel iki-biçimlilik arasında güçlü bir ilişki görürler. Erkeklerin dişi için yarıştığı ve sadece birkaç erkeğin eşlerin çoğunu elde ettiği cennetkuşları ve deniz filleri gibi türlerde büyüklük, renk ve davranışta aşırı iki-biçimlilik görülür. Erkek ve dişilerin birbirine benzer olduğu türler, örneğin kaz, penguen, güvercin ve papağanlar gerçek tekeşlilik eğilimi gösterirler. Bu bağlantı yaradılışçı alternatiflerin hiçbiriyle değil, sadece eşeysel seçilim düşüncesi altında öngörüldüğü için evrimsel kuramın diğer bir zaferidir. Evrim gerçek değilse, renk ile üreme sistemi arasında neden bir ilişki olsun? Gerçekten de, evrimcilerden çok yaradılışçılar, tavus kuşlarının görünüşü konusunda hasta olmalılar[35].

Şimdiye kadar eşeysel seçilim hakkında, sanki her zaman hovarda eşey erkek ve titiz eşey dişiymiş gibi konuştuk. Fakat bazen, ancak nadiren, durum tam tersinedir. Eşeyler arasında bu davranışlar yer değiştirdiğinde, iki-biçimliliğin yönü de değişir. Bu tersine durumu, en çarpıcı biçimde balıklar, denizatları ve yakın akrabaları olan deniziğnelerinde görürüz. Bu türlerin bazılarında dişilerden çok erkekler hamile kalır! Bu nasıl olur? Yumurtaları dişi üretmekle beraber, erkek yumurtaları dölledikten sonra karın veya kuyruğu üzerinde bulunan özel bir kuluçka cebine koyar ve yavrular yumurtadan çıkıncaya kadar beraberinde taşır. Erkekler bir defada sadece bir kuluçka taşırlar ve "hamilelik" dönemleri, dişinin yeni bir yumurta partisi üretmesinden daha uzun sürer. Bu durumda aslında erkekler, çocuk-yetiştirmeye dişilerden daha fazla yatırım yaparlar. Ayrıca, kendilerini kabul edecek erkeklerden daha fazla döllenmemiş yumurta taşıyan dişi bulunduğundan, dişiler "hamile olmayan" erkekler için rekabet etmek zorundadırlar. Burada, üreme stratejisinde erkek-dişi farklılığı tersine döner. Sizin de eşeysel seçilim kuramı altında kolayca tahmin edeceğiniz gibi, parlak renk ve vücut desenleri ile süslenmiş olan dişilerken, erkekler nispeten donuk renklidir.

Aynı şey, Avrupa ve Kuzey Amerika'da üreyen zarif kıyı kuşlarının üç türü olan deniz düdükçünleri içinde geçerlidir. Bunlar poliandrik ("bir dişi ve birçok erkek") üreme sisteminin birkaç örneği arasındadırlar (Bu nadir üreme sistemi Tibetlileri de kapsayan birkaç insan populasyonunda görülebilir). Erkek düdükçünler bütünüyle yavru bakımı, yuva yapımı ve yavruların beslenmesinden sorumluyken, dişi diğer erkeklerle çiftleşmek için harekete geçer. Bu durumda erkeğin döllere yatırımı dişiden daha fazladır ve dişiler yavrularına bakacak erkekler için rekabet ederler. Beklendiği gibi, üç türde de dişiler erkeklerden çok daha parlak renklidirler.

Denizatları, denizığneleri ve deniz düdükçünleri kuralı doğrulayan istisnalardır. Bunların "tersine" dekorasyonları tam da eşeysel iki-biçimlilik konusundaki evrimsel açıklama doğru ise beklenebilecek bir şeydir; fakat eğer bu türler ayrı yaratılmış olsalardı hiçbir anlam taşımayacaktı.

Neden Tercih?

DİŞİLERİN GÜÇ BEĞENEN OLDUĞU NORMAL eş tercihine geri dönelim. Bir erkeği beğendiklerinde tam olarak neye bakmaktadırlar? Bu soru evrimsel biyolojideki ünlü bir tartışmanın esin kaynağı oldu. Alfred Russel Wallace, daha önce değindiğimiz gibi, dişilerin tercihte bulundukları konusunda şüpheciydi (ve sonuçta yanlıştı). Kendi hipotezine göre, dişilerin erkeklerden daha az renkli oluşları avcılarından saklanma ihtiyaçları, erkeklerin daha parlak renkli ve desenli olmaları ise fizyolojilerinin bir yan ürünüydü. Ancak, neden erkeklerin de kamufle olmaya gereksinimi olmadığı konusunda bir açıklama sunmadı.

Darwin'in hipotezi biraz daha iyiydi. Erkek çağırı sesleri, renk ve süslerinin dişi tercihi nedeniyle evrimleştikleri konusunda güçlü bir sezgiye sahipti. Dişiler hangi temelde tercih yapıyorlardı? Cevabı şaşırtıcıydı: Bütünüyle estetik. Darwin, dişinin neden incelikli ötüş veya uzun kuyruk gibi şeyleri tercih ettiğine ilişkin 'içgüdüsel olarak çekici' bulmasından başka bir açıklama sunamadı. Eşeysel seçilim üzerine öncü çalışması, *İnsanın Türeyişi ve Eşeyle İlişkili Seçilim* (1871) kitabında, dişi hayvanların erkeklerin çeşitli özelliklerinden nasıl "büyülendikleri" ve "çarpıldıklarını" insana özgü eğlenceli tanımlamalar ile süslü biçimde anlatır. Yine de,

Wallace'ın not ettiği gibi, halen bir problem vardı. Hayvanlar özellikle, kınkanatlı ve sinekler gibi basit olanlar, gerçekten bizdeki gibi bir estetik duyguya sahipler mi? Darwin bu konuda cehaletini gösteren bir kumar oynadı.

> Avustralya çardak kuşunda olduğu gibi kuşların parlak ve güzel cisimleri beğendikleri ve yine ötüşün gücünü takdir ettikleri konusunda lehte kanıtlar olmakla birlikte, eşeysel seçilime bağlamak için hiçbir nedenimizin olmadığı birçok kuş ve bazı memeli dişilerinin uygun süs beğenme zevki ile donatılmış olmalarının oldukça şaşırtıcı olduğunu bütünüyle kabul ediyorum; ve bu durum sürüngen, balık ve kuş örneklerinde daha da şaşırtıcıdır. Fakat düşük düzey hayvanların zihinleri konusunda gerçekte çok az şey biliyoruz.

Darwin bütün cevapları bilmemekle beraber, Wallace'a göre gerçeğe daha yakın çıktı. Evet, dişiler tercihte bulunurlar ve bu tercihleri eşeysel iki-biçimliliği açıklar görünmektedir. Fakat dişi tercihinin sadece estetik temelli oluşu mantıklı değildir. Yeni Gine cennetkuşları gibi yakın akraba türler oldukça farklı tipte tüy ve çiftleşme davranışlı erkeklere sahiptirler. Peki, bir tür için güzel olan şey, neden yakın akrabası için güzel olan şeyden çok farklıdır?

Gerçekten de, günümüzde dişi tercihinin kendi başına uyumsal olduğu konusunda birçok kanıta sahibiz. Çünkü belli tipteki erkekleri tercih etmek dişinin genlerini yaymasına yardımcı olur. Darwin'in sandığı gibi, tercihler her zaman doğuştan rastgele içsel bir beğeni nedeniyle değil, birçok durumda muhtemelen seçilim yoluyla evrimleşmişlerdir.

Bir dişi belli bir erkeği tercih etmekle ne kazanır? Bu sorunun iki cevabı vardır. Dişi kendisine *yavru bakımı eylemi süresince* daha fazla ve sağlıklı yavrular üretmeye yardımcı olacak bir erkeği seçmekle *doğrudan* yarar sağlar. Ya da dişi diğer erkeklerin genlerinden daha iyi genlere sahip bir erkek seçerek (yani, döllerine bir sonraki nesilde destek veren genler) *dolaylı* yarar sağlar. Her iki durumda da, dişi tercihinin evrimi doğal seçilim tarafından desteklenecektir.

Doğrudan yararı ele alalım. Bir dişiye daha iyi savunaklar tutan erkeklerle çiftleşmesini söyleyen bir gen, dişiye daha iyi beslenebilen ve daha iyi

yuvalarda büyüyen yavrular üretme olanağı sunar. Bunlar iyi savunaklarda yetiştirilmemiş yavrulara göre, daha iyi hayatta kalacak ve üreyeceklerdir. Bu yavru populasyonun bir önceki nesile göre daha yüksek oranda "tercih geni" taşıyan dişiler içermesi anlamına gelir. Nesiller geçtikçe ve evrim devam ettikçe, en sonunda her dişi bu tercih genlerini taşıyacaktır. Bu sırada daha iyi savunaklar için tercihi arttıran diğer mutasyonlar varsa, bunların da sıklığı artacaktır. Zaman içinde, daha iyi savunaklara sahip erkekler için tercih giderek güçlenecek şekilde evrimleşecektir. Bu aynı zamanda savunak için daha güçlü biçimde rekabet eden erkekleri seçecektir. Dişi tercihi, mülk üzerine erkek rekabeti ile el ele evrimleşir.

Zor beğenen dişiye *dolaylı* yarar sağlayan genler de yayılır. Bir erkeğin diğer erkeklere göre, kendisini hastalıklara karşı dirençli kılan genleri olduğunu hayal edelim. Böyle bir erkekle çifteleşen dişinin yavruları da hastalıklara karşı daha yüksek dirençli olacaklardır. Bu, dişiye o erkeği tercih etmesi nedeniyle sunulan evrimsel bir yarardır. Şimdi de, aynı zamanda dişiye bu daha sağlıklı erkekleri eş olarak belirlemesine imkân veren bir gen olduğunu düşünün. Eğer dişi böyle bir erkekle çiftleşirse, bu çiftleşme her iki tip geni taşıyan kız ve erkekler üretecektir: Hastalıklara karşı direnç genleri ve aynı zamanda hastalıklara dirençli erkekleri tercih ettiren genler. Her nesilde daha başarılı üreyen hastalığa karşı en dirençli bireyler, dişilere en dirençli erkekleri seçmelerini söyleyen genleri de taşıyacaklardır. Bu dirençlilik genleri doğal seçilim ile yayıldıkça, dişi tercihi için genler de bunlarla birlikte taşınırlar. Bu yolla hem dişi tercihi hem de hastalık direnci bir tür içinde artar.

Bu senaryoların her ikisi de dişilerin neden parlak renkler veya süslü tüyler gibi erkeklerin belli *özelliklerini* tercih ettiklerini değil, fakat neden belli tipteki erkekleri tercih ettiklerini açıklar. Muhtemelen böylesi belli özellikler dişiye, bir erkeğin daha fazla doğrudan veya dolaylı yarar sağlayacağını söylediğinden ortaya çıkar. Dişi tercihinin birkaç örneğine bakalım.

Kuzey Amerika ev ispinozu renk açısından eşeysel iki-biçimlidir: Dişiler kahverengi, erkekler ise baş ve göğüslerinde parlak renklere sahiptirler. Erkekler alan savunması yapmazlar, fakat yavru bakımına katılırlar. Michigan Üniversitesi'nden Geoff Hill, yerel bir populasyonda erkeklerin açık sarıdan turuncu ve kızıla kadar farklı renklere sahip olduklarını saptadı. Renklenmenin üreme başarısını etkileyip etkilemediğini anlamak isteyen

Hill, erkekleri daha parlak veya solgun yapmak için saç boyası kullandı. Beklendiği gibi, daha parlak erkekler solgun olanlara göre önemli ölçüde daha fazla eş edindiler. Yönlendirilmeyen kuşlar arasında, dişiler solgun erkeklerin yuvalarını parlak erkeklerinkine göre daha sıklıkla terk ettiler.

Neden dişi ispinozlar daha parlak renkli erkekleri tercih ederler? Hill aynı populasyonda parlak renkli erkeklerin solgun renkli erkeklere göre yavrularını daha sık beslediklerini gösterdi. Böylelikle dişiler parlak renkli erkekler seçmek yoluyla, daha iyi yavru bakımı şeklinde, doğrudan yarar sağlarlar (Solgun renkli erkeklerle çiftleşen dişiler yavrular yetersiz beslendiklerinden yuvayı terk edebilirler). Peki, neden daha parlak renkli erkekler daha fazla besin getirirler? Çünkü büyük olasılıkla parlaklık genel sağlığın bir işaretidir. Erkek ispinozların kızıl rengi bütünüyle yedikleri tohumlardaki karotenoid pigmentlerinden gelir. Bu pigmenti kendi başlarına yapamazlar. Bu nedenle daha parlak renkli erkekler daha iyi beslenirler ve muhtemelen daha sağlıklıdırlar. Renk dişilere basitçe "aile ihtiyaçlarını daha iyi karşılama becerisine sahip bir erkeğim" dediği için dişiler parlak renkli erkekleri tercih eder görünmektedirler. Daha parlak renkli erkeleri tercih etmelerini sağlayacak her gen, bu dişilere doğrudan bir yarar sağlar ve böylece seçilim bu tercihi arttırmak yönünde işleyecektir. Tercihin bulunduğu durumda, tohumu parlak tüylere daha iyi dönüştüren her erkek, daha fazla eşleşmeyi garanti altına alacağı için de ayrıca avantaj sağlayacaktır. Zaman içinde, eşeysel seçilim bir erkeğin kızıl rengini abartacaktır. Dişi parlak olmaktan bir kazanç sağlamadığı için sönük kalır; doğrusu avcılara daha görünür olmaktan zarar da görebilir.

Sağlıklı ve güçlü bir erkek seçmenin diğer doğrudan yararları da vardır. Erkekler dişilere, yavrulara veya her ikisine de bulaştırabilecekleri hastalık veya parazitler taşıyabilirler ve bu tip erkelerden sakınmak dişilerin yararınadır. Bir erkeğin rengi, tüyleri ve davranışları hastalıklı veya parazitli olup olmadığına bir işaret olabilir. Sadece sağlıklı erkekler güçlü ötebilir, güçlü bir gösteri sergileyebilir veya parlak ve özenli teleklere sahip olabilir. Örneğin, eğer bir türün erkekleri normalde parlak mavi iseler, en iyisi solgun mavi erkeklerden kaçınmanızdır.

Evrimsel kuram dişilerin bir erkeğin iyi bir baba olabileceğini gösteren her özelliğini tercih ettiklerini gösterir. Tüm gerekli olan, bu özelliğin tercihini arttıracak bazı genlerin olması ve bu özelliğin ifadesindeki varyasyonun erkeğin durumu hakkında bir işaret vermesidir. Gerisi kendiliğinden gelir. Çayır tavuğunda parazit bitler erkeğin ötüş torbası üzerinde kan

lekeleri oluşturur. Bu özellik lekte caka sattıklarında yarısaydam bir torba olarak devamlı olarak şişkin şekilde sergilenir. Ses torbaları boyanarak yapay kan lekeleri oluşturulan erkekler önemli ölçüde daha az çiftleşirler: Bu lekeler dişiye erkeğin parazitli olduğunu ve tam manasıyla kötü bir baba olacağı bilgisi veriyor olmalıdır. Seçilim sadece dişinin lekesiz torbayı tercih etmelerini teşvik eden genler lehinde değil, aynı zamanda erkeğin durumu hakkında bilgi veren genler lehinde de işleyecektir. Erkeğin ses torbası daha büyük hale gelecek ve dişinin lekesiz ses torbası yönündeki tercihi artacaktır. Bu durum dul-kuşlarının gülünç derecede uzun kuyruklarında olduğu gibi, erkeklerde oldukça abartılı özelliklerin evrimine yol açabilir. Tüm bu süreç, sadece bu erkek özelliğinin daha fazla artışı halinde dişiyi çekmekten çok, erkeğin hayatta kalma başarısını azaltacak şekilde aşırı abartılı hale gelirse, yani net yavru üretimi zarar görürse durur.

Peki, *dolaylı* yarar sağlayan dişi tercihinde durum nedir? Böylesi yararların en belirgin olanı, bir erkeğin yavrularına her zaman verdiği şey, yani genleridir. Bir erkeğin sağlıklı olduğunu gösteren aynı tip özellikler, aynı zamanda genetik bakımdan da donanımlı olduğunu gösterebilir. Daha parlak renkli, daha uzun kuyruklu ve daha yüksek sesli erkekler, eğer sadece rakiplerine göre daha iyi hayatta kalmalarını ve üremelerini sağlayan genlere sahiplerse, bu özellikleri sergileme yeteneğinde olabileceklerdir. Aynı şey gösterişli çardaklar veya büyük taş yığması yapma yeteneğindeki erkekler için de geçerlidir. Bir erkeğin daha yüksek hayatta kalma ve üreme başarısı için genlere sahip olduğunu gösterebilen birçok özellik düşünebilirsiniz. Evrimsel kuram bu durumlarda üç tip genin sıklıklarını birlikte arttıracaklarını göstermektedir: Bir erkeğin iyi genler taşıdığını gösteren "belirteç" özellikler için genler, bir dişinin bu belirteç genleri tercih etmesini sağlayan genler ve şüphesiz varlıkları belirteçlerle yansıtılan "iyi" genler. Bu karmaşık bir senaryodur, fakat çoğu evrimsel biyolog bunu özenli erkek özellikleri ve davranışları için en iyi açıklama olarak ele alırlar.

Fakat bu "iyi genler" modelinin gerçekten doğru olup olmadığını nasıl sınayabiliriz? Dişiler doğrudan veya dolaylı yarara bakmakta mıdırlar? Bir dişi daha az güçlü veya daha az gösterişli bir erkekten şiddetle kaçınabilir. Fakat bu onun zayıf genetik bir donanıma sahip olduğunu yansıtmayabilir; enfeksiyon veya yetersiz beslenme gibi sırf çevrenin neden olduğu bir zayıflık söz konusu olabilir. Böylesi yan etkiler verilen herhangi bir durumda eşeysel seçilimin nedenlerini çözmeyi zorlaştırır.

Muhtemelen iyi genler modelinin en iyi sınanması, gri ağaç kurbağaları üzerinde Missouri Üniversitesi'nden Allison Welch ve meslektaşları

tarafından yapılmıştır. Birleşik Devletlerin güney bölgelerinde, erkek kurbağalar dişilerini yaz gecelerinde yüksek çağırı sesiyle çekerler. Laboratuvar çalışmaları, kurbağa dişilerin ötüşleri daha uzun olan erkekleri güçlü biçimde tercih ettiklerini göstermiştir. Bu erkeklerin daha iyi genlere sahip olup olmadıklarını sınamak için, araştırmacılar farklı dişilerden yumurta alarak, her dişiden aldıkları yumurtaların yarısını laboratuvarda (*in vitro*) uzun-ötüşlü erkeklerin, diğer yarısını da kısa-ötüşlü erkeklerin spermleri ile döllediler. Daha bu döllenmelerden elde edilen iribaşları ergin oluncaya kadar büyüttüler. Sonuçlar oldukça dramatikti. Uzun-ötüşlülerin yavruları olan iribaşlar hayatta kalmada daha başarılı oldular ve daha hızlı büyüdüler, başkalaşımdan (iribaşların kurbağaya dönüştüğü evre) sonra daha büyüklerdi. Gri ağaç kurbağası erkekleri, yavrulara sperm dışında bir katkı yapmadıkları için, dişiler uzun-ötüşlü bir erkeği tercih etmekle *doğrudan* bir yarar sağlamazlar. Bu sınama, uzun ötüşün iyi genlere sahip sağlıklı bir erkeğin işareti olduğunu ve bu erkekleri tercih eden dişilerin, genetiği daha iyi olan yavrular üreteceğini güçlü bir biçimde ortaya koymaktadır.

Peki ya tavus kuşları? Dişilerin çiftleşmek için kuyruklarında daha fazla göz noktası bulunan erkekleri tercih ettiklerini görmüştük. Erkeklerin yavruları büyütmede hiçbir katkısı yoktur. Whipsnade Park'ta çalışan Marion Petrie daha fazla göz noktalı erkeklerin sadece daha hızlı gelişen değil, aynı zamanda hayatta kalma başarısı daha yüksek yavrular ürettiklerini gösterdi. Büyük olasılıkla, daha gösterişli kuyruklu erkekleri seçmekle dişiler, gösterişli bir kuyruğu yapmanın genetik olarak iyi-donanımlı bir erkeğin yeteneği olması nedeniyle, iyi genleri seçmektedirler.

Şimdiye kadar bu iki çalışma dişilerin iyi genler taşıyan erkekleri seçtiklerine ilişkin sahip olduğumuz yegâne kanıtlardır. Makul sayıda çalışma eş tercihi ile döllerin genetik kalitesi arasında *hiçbir* bağlantı bulamadı. Yine de, iyi genler modeli eşeysel seçilimin favori açıklaması olarak kalmaktadır. Dişilerin bir şekilde erkek genleri arasında tercih yapabildikleri inancı için kanıtların göreli olarak nadir oluşu, evrimcilerin neden katı Darwinci açıklamaları tercih ettiklerini kısmen açıklar.

Ancak eşeysel iki-biçimlilik için üçüncü bir açıklama daha vardır ve hepsinin en basitidir. *Duyu-eğilimi* olarak bilinen modeli temel alır. Bu model eşeysel iki-biçimliliğin evriminin dişi sinir sisteminde önceden var olan eğilimler yoluyla yönetildiğini kabul eder. Bu eğilimler besin bulmak gibi eş bulmaktan farklı bazı işlevler için doğal seçilimin bir yan ürünü

olabilir. Örneğin, bir türün üyelerinin olgun meyve ve böğürtlenlerin yerini bulmada yardımcı olduğundan, kırmızı renk için bir görme tercihi evrimleştirdiğini var sayalım. Eğer göğsü üzerindeki kızıl bir leke bulunan mutant erkekler oluşursa, sırf bu daha önceden oluşmuş eğilimden dolayı dişiler tarafından tercih edilebilir. Bu durumda, kızıl erkekler bir avantaja sahip olacak ve renk iki-biçimliliği evrimleşebilecektir (Kızıl rengin avcıları cezbetmesinden dolayı dişiler için dezavantajlı olduğunu varsayıyoruz). Alternatif olarak, dişiler sırf bir şekilde sinir sistemlerini uyardığı için de yeni bir özellikten hoşlanabilirler. Örneğin, daha büyük erkekleri, ilgilerini daha karmaşık bir gösteri ile çeken erkekleri veya uzun kuyruklarından dolayı garip şekilli erkekleri tercih edebilirler. Benim daha önce tanımladığım modellerin tersine, duyu-eğilimi modelinde dişiler belli bir erkeği seçerek ne doğrudan ne de dolaylı yarar sağlamazlar.

Bu kuramı sınamak için erkeklerde bütünüyle yeni bir karakter üretebilir ve dişilerin bundan hoşlanıp hoşlanmadıklarını gösterebilirsiniz. Bu California Üniversitesi'nden Nancy Burley ve Richard Symanski tarafından iki Avusturalya çayır ispinoz türü üzerinde yapılmıştır. Araştırmacılar sadece yapay bir ibik gibi erkeklerin başlarına dik duran bir telek yapıştırdılar. Daha sonra bu ibikli erkekler ile ibiksiz kontrol grubunu dişilere sundular (çayır ispinozlarının ibiği yoktur ancak bazı yakın akrabalarının, örneğin taçlı papağanların vardır). Dişiler yapay yeşil ibikli, kızıl ibikli veya normal ibiksiz erkeklerle karşılaştıklarında, yapay beyaz ibikli erkekler yönünde oldukça güçlü bir tercihte bulundular. Dişilerin neden beyazı tercih ettiklerini anlamıyoruz fakat yumurtalarını avcılardan saklamak için yuvalarını beyaz teleklerle kaplamaları bir neden olabilir. Kurbağa ve balıklar üzerinde yapılan benzer deneyler de, dişilerin daha önce hiç karşılaşmadıkları özellikler yönünde tercihte bulunduklarını göstermektedir[36]. Duyu-eğilimi modeli, doğal seçilimin sıklıkla hayvanların hayatta kalması ve üremesine yardım eden önceden var olan tercihler üretmesi ve tüm bu tercihlerin eşeysel seçilim tarafından yeni erkek özellikleri yaratmak için kullanılabilmesi nedeniyle önemli olabilir. Darwin'in hayvan estetiği kuramı dişi tercihini insandaki gibi "güzeli beğenme" şeklinde tarif etmesine rağmen kısmen doğruydu.

Açık biçimde bu bölümde kendi türümüze ilişkin hiçbir tartışma yapılmamıştır. Peki, bizde durum nedir? Eşeysel seçilim kuramlarının insana ne kadar uygulanabileceği karmaşık bir sorudur. Bunu bölüm 9'da ele alacağız.

Bölüm 7

Türlerin Kökeni

Her bir tür, her ne kadar genetik mühendislik yoluyla bir şekilde yeni organizmalar üretmeyi başarmış olsak bile, insanlığın bir eşini yapmasının mümkün olmadığı evrimin bir şaheseridir.

–E.O. Wilson

1928'de Ernest Mayr adında genç bir Alman zoolog, Hollanda Yeni Ginesi'nin (bugün Endonezya'nın bir parçası) vahşi doğasından bitki ve hayvan toplamak için yola çıktı. Lisans eğitiminden taze bilgili, hiçbir arazi deneyimi olmayan bu genç kendisi için üç şey kazanıyordu: Hayat boyu sürecek kuş sevgisi, olağanüstü isteklilik ve en önemlisi Britanyalı banker ve amatör bir doğasever olan Lord Walther Rothschild'in parasal desteği. Rothschild dünyadaki en büyük kişisel kuş örnekleri koleksiyonuna sahipti ve Mayr'in çabasının bunu arttıracağını umuyordu. İzleyen iki yıl boyunca Mayr dağlar ve ormanlar içinde kayıt defteri ve arazi malzemeleriyle taban tepip durdu. Çoğunlukla yalnız, kötü havanın, zor yolların, tekrarlayan hastalıkların (antibiyotiğin olmadığı bir çağda oldukça ciddi bir durumdu) ve daha önce asla bir batılı görmemiş olan çoğu yerlilerin yabancı korkusunun kurbanıydı. Tüm bunlara rağmen, bu bir kişilik keşif gezisi büyük bir başarıyla sonuçlandı: Mayr 26'sı kuş türü ve 38'i orkide türü olmak üzere, bilim dünyası için yeni birçok örnekle geri döndü. Yeni Gine çalışmaları, benimde bir lisans öğrencisi iken kendisinin arkadaşlığı ve danışmanlığı onuruna eriştiğim, Harvard

Üniversitesi'nde bir evrimsel biyolog olarak profesörlük zirvesine ulaştıran parlak karayerinin başlangıcı oldu.

Mayr ölümüne kadar çok sayıda kitap ve makale üreterek tam 100 yıl yaşadı. Bunlar arasında, benim evrim çalışmak istememi sağlayan kitabın tam kendisi olan, onun 1963 yılı klasiği, *Hayvan Türleri ve Evrim* kitabıdır. Mayr burada çarpıcı bir gerçeği ayrıntılı şekilde ortaya koydu. Yeni Gine Arfak Dağları yerlilerinin yerel kuşlara verdikleri isimleri topladığında 136 farklı tip tanıdıklarını buldu. Geleneksel taksonomi yöntemlerini kullanarak batılı zoologlar 137 tür tanımladılar. Diğer bir deyişle, yerliler ve bilim insanlarının her ikisi de doğada yaşayan bu aynı türleri tam olarak ayırt etmişlerdi. Oldukça farklı arka planlara sahip bu iki grup arasındaki uyum, doğadaki bu kesintili oluşun keyfi olmadığını, fakat objektif bir gerçeklik olduğuna, bizi de ikna etmesi gerektiği gibi, Mayr'i de ikna etti[37].

Gerçekten de, doğa hakkındaki en çarpıcı gerçeklik *kesintili* oluşudur. Bitki veya hayvanlara baktığınızda, her bir bireyin hemen her zaman birçok farklı gruptan birine girdiğini görürsünüz. Örneğin, tek bir vahşi kediye baktığımızda, onu anında bir aslan, bir jaguar veya bir kar leoparı vb. olarak tanımlayabilmekteyiz. Bütün kediler bir seri kedigiller ara formaları arasında biri diğeri içine geçerek belirsiz hale gelmez. Bir küme içerisindeki bireyler arasında varyasyon olmakla beraber (bütün aslan araştırmacılarının bildiği gibi her aslan bir diğerinden farklı görünür), bu küme her şeye rağmen "organizma uzayında" ayrı durur. Eşeyli üreyen bütün organizmalarda kümeler görürüz.

Bu ayrı kümeler tür olarak bilinirler. İlk bakışta varlıkları evrimsel kuram için bir problem gibi görünür. Evrim her şeyden önce kesintisiz olan bir süreçtir; peki evrim diğerlerinden görünüş ve davranışlarındaki boşluklarla ayrılan, ayrık ve kesintili bitki ve hayvan gruplarını nasıl üretmektedir? Bu grupların nasıl açığa çıktığı, *türleşmenin*–veya türlerin kökeninin sorusudur.

Şüphesiz bu Darwin'in, türleşme konusunda söyleyecek çok sözü olduğuna gönderme yapan en ünlü kitabının başlığıdır. Açılış paragrafında bile, Güney Amerika biyocoğrafyasının "türlerin kökenine, büyük filozoflarımızdan biri tarafından adlandırıldığı gibi gizemlerin gizemine ışık tutacağını ileri sürmüştür (Bu "filozof" aslında Britanyalı bilim insanı John Herschel'dir). Ancak Darwin'in baş eseri "gizemlerin gizemi" konusunda

büyük ölçüde suskundu ve bu konuda söylediği çok az şey modern evrimciler tarafından kafa karıştırıcı olarak görülmektedir. Darwin açıkça doğadaki bu kesintili oluşu çözülmesi gerekli bir problem olarak görmedi ve bunun bir şekilde doğal seçilim tarafından desteklendiğini düşünmedi. Her iki durumda da, doğadaki kümeleri tutarlı bir şekilde açıklamada başarısız oldu.

Öyle ise, *Türlerin Kökeni* için daha iyi bir başlık *Uyumların Kökeni* olabilirdi. Darwin tek bir türün zaman içinde neden ve nasıl değiştiğini anlamakla birlikte (büyük ölçüde doğal seçilim yoluyla), bir türün iki türe nasıl ayrıldığını hiçbir zaman açıklamadı. Hâlbuki bu ayrılma sorunu pek çok açıdan tek bir türün nasıl evrimleştiğini anlamak kadar önemlidir. Sonuçta, doğadaki çeşitlilik her birinin kendi özellik takımlarına sahip oldukları milyonlarca türü kapsamaktadır. Tüm bu çeşitlilik tek bir atasal türden gelmektedir. Bu durumda, eğer biyoçeşitliliği açıklamak istiyorsak, yeni özelliklerin nasıl ortaya çıktıklarını açıklamaktan daha fazlasını, yani yeni *türlerin* nasıl ortaya çıktıklarını açıklamak zorundayız. Eğer türleşme olmasaydı, biyoçeşitlilik asla olmayacaktı. Sadece tek bir tür ve bu ilk türün uzun yıllar boyunca evrimleşen bir türevi olacaktı.

Türlerin Kökeni'nin yayınlanmasından sonra yıllarca, biyologlar kesintisiz bir süreç olan evrimin, tür olarak bilinen ayrık grupları açıklamak için çaba gösterdiler ve başarısız oldular. Aslında, türleşme sorunu 1930'ların ortalarına kadar ciddi bir biçimde ele alınmadı. Bugün, Darwin'in ölümünden 100 yıldan fazla zaman sonra, sonunda türün ne olduğu ve nasıl açığa çıktığı konusunda makul ölçüde tam bir resme sahibiz. Ayrıca bu sürecin kanıtlarına da sahibiz.

Fakat türlerin kökenini anlamadan önce, tam olarak neyi temsil ettiklerini anlamaya ihtiyacımız var. Açık bir cevap türleri nasıl tanımladığımıza dayanır. Tür diğer grupların üyelerinden daha fazla birbirlerine benzeyen bireylerin oluşturduğu bir gruptur. *Morfolojik tür kavramı* olarak bilinen bu tanıma göre, "kaplan" kategorisi "erginleri 1,5 metreden uzun, turuncu vücutları üzerinde dikey siyah şeritlere sahip, gözleri ve ağız çevresi beyaz şeritli bütün Asya kedilerini kapsayan grup" şeklinde bir varlık olarak tanımlanır. Bu sizin bitki ve hayvan türlerini arazi rehberlerinde tanımlarını bulacağınız biçimdir ve Linnaeus'un 1735'te türleri ilk sınıflandırdığı yoldur.

Fakat bu tanımın bazı problemleri vardır. Bir önceki bölümde gördüğümüz gibi, eşeysel iki-biçimli türlerde erkek ve dişiler oldukça farklı görünebilirler. Gerçekten de, kuş ve böceklerin müze örnekleri üzerinde çalışan ilk dönem araştırmacıları çoğunlukla tek bir türün erkek ve dişilerini iki farklı türün üyeleri olarak yanlış sınıflandırmışlardır. Eğer sadece müze örneklerine bakıyorsanız, erkek ve dişi tavus kuşlarının nasıl yanlış sınıflandırılacağını kolayca anlayabilirsiniz. Ayrıca, kendi arasında üreyen bir grup içindeki varyasyon problem oluşturur. Örneğin, insanlar göz renklerine dayalı olarak mavi, kahverengi ve yeşil göze sahip olanlar şeklinde birkaç ayrı grup olarak sınıflandırılabilirler. Bunlar açıkça farklı oldukları halde, neden farklı türler olarak ele almıyoruz? Aynı şey farklı yerlerde yaşayan ve farklı görünen populasyonlar için de geçerlidir. İnsanlar yine başlıca örnektir. Kanada'nın Inuit halkı Güney Afrika !Kung klanı insanlarından ve her ikisi de Finlerden farklı görünürler. Tüm bu populasyonları farklı türler olarak sınıflandırmakta mıyız? Bu bize bir biçimde yanlış gelir. Sonuçta bütün insan populasyonlarının üyeleri kendi aralarında başarılı bir şekilde üreyebilirler. İnsanlar için geçerli olan birçok bitki ve hayvan için de geçerlidir. Örneğin Kuzey Amerika ötücü serçesi, tüy ve ötüşlerindeki küçük farklılıklar temelinde 31 coğrafik "ırk" (bazen "alt-tür" denir) olarak sınıflandırılmıştır. Hâlbuki tüm bu ırkların üyeleri çiftleşebilir ve üretken döller verebilirler. Hangi noktada populasyonlar arasındaki farklar yeteri kadar büyük olmalı ki, onları farklı türler olarak adlandıralım? Bu kavram bir türü tanımlamayı keyfi bir uygulama haline getirmektedir. Fakat biz türlerin objektif bir gerçeklik olduklarını ve sadece keyfi insan yapıları olmadıklarını biliyoruz.

Aksine, biyologların farklı türler olarak tanımladıkları bazı gruplar ya tamamen ya da neredeyse tamamen birbirlerine benzerler. Bu "gizli" (kriptik) türler kuşlar, memeliler, böcekler ve bitkileri kapsayan çoğu organizma grubunda bulunurlar. Ben dokuz tür içeren bir grup sirke sineğinde (*Drosophila*) türleşme çalışıyorum. Tüm bu türlerin dişilerini mikroskop altında bile birbirlerinden ayırabilmek imkânsızdır ve erkekler sadece eşey organlarındaki küçük farklılıklarla sınıflandırılabilirler. Benzer şekilde sıtma taşıyıcısı *Anopheles gambiae* sivrisinekleri, neredeyse tamamen aynı görünen 7 tür içeren bir gruptur. Ancak nerede yaşadıkları ve hangi konağı soktukları bakımından farklıdırlar. Bazıları insanlar üzerinde beslenmez ve bu yüzden sıtma tehlikesi taşımazlar. Eğer hastalık ile etkili şekilde sa-

vaşacaksak, bu türlerin hangileri olduğunu bilmek kritik öneme sahiptir. Dahası görsel hafızalı hayvanlar olan insanlar, çoğunlukla benzer görünüşlü böcek türlerini ayırt edici feromonlarındaki farklılıklar gibi kolaylıkla görünmeyen özellikleri yok saymak eğilimindedir.

Eğer bu gizli formlar oldukça benzer görünüyorlarsa, neden gerçekte farklı türler olduklarını düşündüğümüzü kendi kendinize soruyor olmalısınız. Cevap, aynı yerde birlikte bulunmalarına rağmen, aralarında asla gen alış verişi olmayışıdır. Bir türün üyeleri açıkça diğer türün üyeleri ile melezleşmemektedirler (Bunu laboratuvarda üreme denemeleri yaparak veya gen alış-verişi yapıp yapmadıklarını doğrudan genlerine bakarak sınayabilirsiniz). Öyle ise bu gruplar birbirlerinden üreme bakımından yalıtılmışlardır. Birbirine karışmayan ayrı "gen havuzları" oluştururlar. Doğada, bir grubu ayrı yapan herhangi bir gerçekçi bakış altında, bu gizli formların ayrı *olduklarını* kabul etmek mantıklı görünmektedir.

Kahverengi ve mavi gözlü insanlar veya Inuit ve !Kung topluluklarının neden aynı türün üyeleri olduklarını hissettiğimiz üzerine düşündüğümüz zaman, birbirleri ile çiftleşmeleri ve genlerinin bileşkesini taşıyan döller üretmeleri olduğunun farkına varırız. Diğer bir deyişle, *aynı gen havuzuna* aittirler. Gizli türler ve insanlardaki varyasyon üzerine derinlemesine düşündüğünüzde, türlerin ayrı olmalarının sadece farklı *görünümleri* nedeniyle değil, fakat aralarında üremelerini engelleyen bariyerler bulunması nedeniyle olduğu fikrine ulaşırsınız.

Bunu ilk fark edenler Ernst Mayr ve Rus genetikçi Theodosius Dobzhansky'dir. Mayr 1942'de evrimsel biyoloji için altın standart haline gelen bir tür tanımı önermiştir. Tür statüsü için üreme ölçütünü kullanarak Mayr bir türü, *diğer böyle gruplardan üreme bakımından yalıtılmış doğal populasyonların birbirleriyle üreyebilen bir grubu* olarak tanımladı. Bu tanım *biyolojik tür kavramı* veya BTK olarak bilinir. "Üreme bakımından yalıtılmış" basitçe farklı türlerin üyelerinin birbirleriyle başarılı bir şekilde üremelerini engelleyen özelliklere, yani görünüş, davranış veya fizyolojik farklılıklara sahip oldukları, aynı türün üyelerinin ise kendi aralarında kolayca üreyebildikleri anlamına gelir.

İki akraba türün üyelerini birbirleriyle çiftleşmekten alı koyan nedir? Çok farklı üreme bariyerleri vardır. Türler sırf çiçeklenme veya üreme mevsimleri örtüşmediği için birbirleriyle üremeyebilirler. Örneğin bazı

mercanlar, denize birkaç saat içinde yumurta ve spermlerini püskürterek, yılın sadece bir gecesinde ürerler. Aynı alanda yaşayan yakın akraba türlerin, bir türün yumurtasının diğer türün spermi ile karşılaşmasını engelleyecek şekilde, zirve yumurta bırakma zamanları birbirlerinden birkaç saat farklı olduğundan, ayrı türler olarak kalırlar. Hayvan türleri çoğunlukla farklı çiftleşme gösterisi veya feromonlara sahiptirler ve bu yüzden birbirlerini cinsel olarak çekici bulmazlar. Benim *Drosophila* türlerimin dişileri abdomenlerinde diğer türlerin erkeklerinin çekici bulmadığı kimyasallar taşırlar. Türler farklı habitatlar tercih ederek de yalıtılabilirler. Bu durumda birbirleriyle kolaylıkla karşılaşmazlar. Birçok böcek sadece tek bir bitki türü üzerinde beslenebilir ve üreyebilir. Farklı böcek türleri farklı bitki türlerine özgüdür. Bu da üreme zamanlarında birbirleriyle karşılaşmalarını engeller. Yakın akraba türler farklı tozlaştırıcılar kullanmaları nedeniyle ayrı kalabilirler. Örneğin maymun çiçeğinin (*Mimulus*) iki türü Sierra Nevada'da aynı alanda yaşarlar; fakat türlerden biri balarılarınca diğeri ise sinek kuşları tarafından tozlaştırıldığı için nadiren tozlaşırlar.

Yalıtım bariyeri eşleşmeden sonra da çalışabilir. Bir bitki türünün poleni diğerinin pistili (dişi organı) üzerinde çimlenmede başarısız kalabilir. Fetüs oluşsa bile, doğumdan önce ölebilir. Bir koyun ile bir keçi döllendiğinde olan budur. Melezler yaşasalar bile kısır olabilirler. Buna klasik örnek, dişi bir at ile erkek bir eşeğin dölü olan güçlü fakat kısır olan katırdır. Kısır melezler üreten türler şüphesiz gen alış verişinde bulunmazlar.

Kuşkusuz bu bariyerlerden birkaçı birlikte çalışabilir. Son on yılımın büyük bir kısmında Afrika'nın batı kıyısı açıklarında yer alan tropikal volkanik São Tomé adasında yaşayan sirke sineklerinin iki türünü çalıştım. Bu türler bir şekilde habitat bakımından yalıtılmışlardır. Biri volkanın üst kısmında, diğeri alt kısmında yaşamalarına rağmen yayılışları bazen çakışır. Ancak, kur yapma gösterileri farklıdır. Bu yüzden iki türün üyeleri karşılaşsalar bile nadiren çiftleşirler. Çiftleşme başarılı olsa bile bir türün spermlerinin diğerinin yumurtalarını döllemesi zayıftır ve bu nedenle nispeten az sayıda döl üretirler. Hepsi erkek olan bu döllerin yarısı kısırdır. Tüm bu bariyerler bir araya getirildiğinde, bu türlerin doğada neredeyse hiçbir gen alış verişinde bulunmadıkları sonucuna vardık ve bu sonucu DNA dizileri ile de doğruladık. Öyle ise bunlar iki iyi biyolojik tür olarak değerlendirilebilirler.

BTK'nın avantajı görünüş-tabanlı tür kavramlarının ele alamadığı birçok problemle uğraşmasıdır. Sivrisineklerin bu gizli grupları nedir? Gen alış verişi yapmadıkları için farklı türlerdir. Peki ya Inuit ve !Kung toplumları? Bu populasyonlar birbirleriyle doğrudan çiftleşmiyor olabilirler (böylesi bir birlikteliğin henüz olduğu konusunda şüpheliyim) fakat bir populasyondan diğerine aradaki coğrafik alanlar boyunca *potansiyel* gen akışı vardır ve çiftleştiklerinde üretken döller verecekleri konusunda neredeyse şüphe yoktur. Erkek ve dişiler aynı türün üyeleridirler, çünkü genleri üremede birleşir.

Bu durumda BTK'na göre, bir tür bir üreme birliği, yani bir gen havuzudur. Bu aynı zamanda bir türün *evrimsel* bir birlik olduğu anlamına gelir. Eğer bir tür içinde "iyi bir mutasyon" ortaya çıkarsa, varsayalım kaplan dişilerinin döl sayılarını % 10 arttıran bir mutasyon, o zaman bu mutasyonu içeren gen kaplan türü içerisinde yayılacaktır. Fakat bu tür diğer kaplan türleriyle gen alış verişinde bulunmadığı için daha ileri gitmeyecektir. Öyleyse biyolojik tür evrimin birimidir ve büyük ölçüde *evrimleşen şeydir.* Bir türün bütün üyelerinin birbirine benzer olmalarının da nedenidir. Hepsi evrimsel güçlere aynı şekilde karşılık veren genleri paylaşırlar. Aynı alanda yaşayan türler arasında üremenin olmayışı, sadece görünüş ve davranış farklılıklarını korumayı değil, aynı zamanda sınırsız çeşitlenmelerini sürdürmelerine de izin verir.

Fakat BTK kusursuz bir kavram değildir. Yokolmuş organizmaları ne yapacağız? Üreme uyumu bakımından sınanmaları imkânsızdır. Öyleyse müze küratörleri ve paleontologlar geleneksel görünüş-temelli tür kavramlarından medet ummak, fosil ve müze örneklerini toplam benzerliklerine göre sınıflandırmak zorundadırlar. Bakteri ve bazı mantarlar gibi eşeysiz üreyen organizmalar, BTK ölçütlerine uymazlar. Böylesi gruplarda neyin bir türü oluşturduğu karmaşık bir sorudur ve eşeysiz üreyen organizmaların eşeyli üreyenler gibi ayrık kümeler oluşturduklarından bile emin değiliz.

Fakat bu zayıflıklarına rağmen BTK halen evrimsel biyologların türleşme çalıştıklarında tercih ettikleri tür kavramıdır; çünkü evrimsel soruların tam kalbine iner. BTK altında, eğer üreme bariyerlerinin nasıl oluştuklarını açıklayabilirseniz, türlerin kökenini de açıklamış olursunuz.

Bu bariyerlerin nasıl oluştukları uzun süre biyologları hayrete düşürdü. Sonunda biyologlar yaklaşık 1935'te hem arazi hem de laboratuvarda

ilerleme kaydetmeye başladılar. En önemli gözlemlerden biri doğa bilimciler tarafından yapıldı. "Kardeş türler" olarak bilinen ve birbirlerinin en yakın akrabaları olan türlerin, doğada çoğunlukla coğrafik bariyerlerle ayrıldıklarının farkına vardılar. Örneğin denizkestanelerinin kardeş grupları Panama Kıstağının her iki yanında bulundular. Tatlısu balıklarının kardeş türleri sıklıkla ayrılmış nehir kollarında yaşarlar. Bu coğrafik ayrımların, bu türlerin ortak bir atadan köken almalarıyla bir ilgisi olabilir mi?

Genetikçiler ve doğa bilimciler bu soruya evet yanıtı verdiler ve nihayet evrim ve coğrafyanın birlikte etkisinin bunu nasıl oluşturabileceğini önerdiler. Bir tür üreme bariyeri ile ayrılarak nasıl iki tür oluşturabilir? Mayr bu bariyerlerin coğrafik olarak yalıtılmış türlerin, farklı yönlerde evrimleşmesine neden olan doğal veya eşeysel seçilimin, sadece yan ürünleri olduğunu ileri sürdü.

Örneğin, çiçekli bir atasal bitki türünün bir dağ sırası gibi coğrafik bir bariyer ile iki parçaya bölündüğünü varsayalım. Bir tür, mesela bir kuşun midesinde dağın diğer tarafına yayılmış olabilir. Şimdi bir populasyonun yaşadığı yerde çok sayıda sinek kuşu fakat az sayıda arı olduğunu düşünelim. Bu alandaki çiçekler sinek kuşunu tozlaştırıcı olarak cezbetmek için evrimleşeceklerdir. Tipik olarak çiçekleri kırmızı renkli olacaktır (kuşların çekici buldukları bir renk), bol nektar üretecekler (kuşlara ödül olarak) ve derin bir çiçek tüpüne sahip olacaklardır (sinek kuşlarının uzun dil ve gagalarına servis için). Dağın diğer tarafındaki populasyon kendini tozlaştırıcı durumu bakımından tam tersi bir yönde bulabilir: Az sayıda sinek kuşu ve çok sayıda arı. Burada ise çiçekler arıları çekmek yönünde evrimleşeceklerdir. Renkleri pembeye dönebilecektir (arıların favori rengi), az nektarlı sığ çiçek tüpü evrimleşecek (arılar kısa dillidirler ve bol nektar ödülü istemezler), aynı zamanda taç yapraklar arılar için iniş platformu sağladığı için daha düz çiçekler oluşacaktır (sinek kuşlarının aksine arılar nektar toplamak için çiçeğe konarlar). En sonunda iki populasyon çiçeklerin şekli ve nektar miktarı bakımından farklılaşacaktır ve her biri tek bir hayvan türü tarafından tozlaştırılmaya özelleşeceklerdir. Şimdi bu coğrafik bariyerin ortadan kalktığını ve bu yeni farklılaşmış populasyonların kendilerini tekrar *aynı* alanda, yani hem arı hem de sinek kuşlarının bulunduğu alanda bulduklarını varsayalım. Artık üreme bakımından yalıtılmış olmalılar. Her çiçek tipine farklı bir tozlaştırıcı hizmet edecektir ve böylece

genleri çapraz-tozlaşma ile karışmayacaktır. İki farklı tür haline dönüşmüş olacaklardır. Bu gerçekten de daha önce sözünü ettiğimiz maymun çiçeklerinin ortak atadan farklılaşmaları için olası bir yoldur.

Bu bir üreme bariyerinin "ayrıştırıcı" (divergent) seçilim, yani farklı populasyonları farklı evrimsel yönlere süren seçilim yoluyla evrimleşebileceği yollardan sadece biridir. Coğrafik olarak yalıtılmış populasyonların farklılaşmaları ve bu nedenle daha sonra birbirleriyle üreyemedikleri başka senaryolar hayal edebiliriz. Erkek davranışları veya özelliklerini etkileyen farklı mutasyonlar farklı yerlerde ortaya çıkabilir. Söz gelişi, bir populasyonda daha uzun kuyruk telekler, diğerinde ise turuncu renk açığa çıkaran mutasyonlar olsun. Bu durumda, eşeysel seçilim populasyonları farklı yönlere götürebilir. Sonunda, bir populasyondaki dişiler uzun kuyruklu erkekleri tercih ederken, diğerindekiler turuncu renkli erkekleri tercih edeceklerdir. Eğer iki populasyon daha sonra karşılaşırsa, eşleşme tercihleri genlerinin karışmasını önleyecektir ve bunlar farklı türler olarak ele alınacaklardır.

Melez kısırlığı ve yaşayamaz oluşları hakkında neler diyebiliriz? Bu doğal seçilimin, nasıl böylesi açıkça uyumsuz ve müsrif özellikler üretebildiğini anlamakta zorlanan erken dönem evrimciler için büyük bir sorundu. Ancak bu özelliklerin doğrudan seçilmediklerini fakat doğal seçilim veya genetik sürüklenmenin neden olduğu farklılaşmanın, rastlantısal yan ürünleri olduklarını varsayalım. Eğer coğrafik olarak yalıtık iki populasyon yeteri uzun süre farklı yollarda evrimleşirlerse, genomları o kadar farklılaşabilir ki, bir melezde bir araya geldiklerinde açıkça birbirleri ile uyumlu çalışmazlar. Bu ya melezlerin embriyo evresinde ölmeleri ya da yaşasalar bile kısır olmaları şeklinde gelişimlerini sekteye uğratır.

Türlerin, Darwin'in düşündüğü gibi, doğadaki boş nişleri doldurmak amacıyla türemediklerini anlamak önemlidir. Doğa bir biçimde ihtiyaç duyduğu için farklı türlere sahip değiliz. Tam aksine. Türleşme çalışmaları bize *türlerin evrimsel kazalar* olduğunu söylemektedir. Biyoçeşitlilik için oldukça önemli olan bu "kümeler", ne bu çeşitliliği arttırmak ne de dengeli ekosistemler oluşturmak için evrimleşmişlerdir. Sadece mekânsal olarak yalıtık populasyonların farklı yönlerde evrimleşmelerinden dolayı oluşan genetik bariyerlerin kaçınılmaz sonucudurlar.

Biyolojik türleşme birçok açıdan bir ortak atadan iki yakın akraba dilin "türleşmesine" benzerlik gösterir (buna bir örnek iki "kardeş dil" olan

Almanca ve İngilizcedir). Türler gibi diller de, bir zamanlar atasal bir dil paylaşan yalıtık populasyonlarda farklılaşabilirler. Diller farklı populasyonlardan bireylerin az karıştıkları durumlarda daha hızlı değişirler. Populasyonlar doğal seçilim yoluyla (ve bazen genetik sürüklenme) genetik olarak değişirlerken, insan dilleri dilsel seçilim (çekici veya yararlı yeni kelimelerin icadı) ve dilsel sürüklenme (taklit ve kültürel geçiş yoluyla telaffuzda değişim) nedeniyle değişirler. Biyolojik türleşme sürecinde, populasyon üyelerinin artık birbirlerini eş olarak tanıyamadıkları veya genlerinin üretken bir birey oluşturmak için işbirliği yapamadıkları bir dereceye kadar genetik bakımdan değişirler. Aynı şekilde diller de, karşılıklı olarak anlaşılamayan bir dereceye kadar değişebilirler: İngilizce konuşanlar otomatik olarak Almancayı anlamazlar ve tersi de doğrudur. Diller kesintisiz bir seri olmaktan çok, ayrı gruplarda açığa çıkmaları bakımından biyolojik türlere benzerler. Ele alınan herhangi bir kişinin konuşması genellikle kesin olarak birkaç bin insan dilinden birine konulabilir.

Bu paralellik daha da ileri gider. Dillerin evriminin uzak geçmişte geriye doğru izini sürebilir, kelimeler ve gramerdeki benzerlikleri kataloglayarak bir aile ağacı çizilebilir. Bu genlerindeki DNA şifrelerini okuyarak, organizmaların bir evrimse ağacını yeniden yapılandırmaya oldukça benzerdir. Öncül veya atasal dilleri de, türevleri olan dillerdeki ortak özelliklere bakarak yeniden oluşturabiliriz. Bu tam olarak biyologların kayıp zincirin ne olduğu veya atasal genlerin nasıl olması gerektiğini tahmin etmede kullandıkları yoldur. Dillerin kökeni kazaradır: İnsanlar sırf farklı olsun diye farklı diller konuşmaya başlamazlar. Yeni türler gibi yeni diller İtalya'da Latince'nin İtalyanca'ya dönüşmesinde olduğu gibi diğer süreçlerin bir yan ürünü olarak şekillenirler. Türleşme ile diller arasındaki bu analojiler ilk kez, –başka kim olabilir?– Darwin tarafından *Türlerin Kökeni*'nde gösterildi.

Fakat bu analojiyi çok ileriye götürmemeliyiz. Türlerin tersine, diller birbirlerinden Almanca'da *angst* ve *kindergarten* kelimelerinin İngilizce'deki kullanımı gibi, deyimler uyarlayarak "çapraz-üretken" olabilirler. Steven Pinker kapsamlı *Dil İçgüdüsü* (*The Language Instinct*) kitabında diller ve türlerin çeşitlenmesi arasında diğer çarpıcı benzerlik ve farklılıkları tanımlar.

Coğrafik yalıtımın türlerin kökeninin ilk adımı olduğu düşüncesi, coğrafik türleşme kuramı olarak adlandırılır. Bu kuram basitçe şöyle tanımla-

nabilir: Populasyonlar arasında genetik yalıtımın evrimi, ilk önce coğrafik olarak yalıtılmış olmalarını gerektirir. Coğrafik yalıtım neden bu kadar önemlidir? Neden iki yeni tür, aynı alanda ortak atalarından evrimleşmezler? Populasyon genetiği kuramı ve çok sayıda laboratuvar deneyi bize tek bir populasyonun eğer üreme olanaklarını koruyorlarsa, genetik olarak yalıtık iki parçaya bölünmesinin oldukça zor olduğunu söylemektedir. Yalıtım olmaksızın, populasyonların bölünmesini sağlayan seçilimin, bireyleri devamlı olarak bir araya getiren ve genlerini karıştıran üremeye karşı çalışması gerekir. Bir böceğin beslenebildiği iki bitki tipinin bulunduğu bir orman parçasında yaşadığını hayal edelim. Her bitkinin farklı toksin, besin maddesi ve kokuları olduğundan kullanımları farklı birer uyum takımı gerektirir. Fakat alandaki her bir böcek grubu bir bitki türüne uyum sağlamış olsa da, diğer bitkiye uyum sağlamış böceklerle de çiftleşebilir. Bu birbirleriyle devamı karışım gen havuzunun iki türe bölünmesini engelleyecektir. Bu durumda muhtemelen karşılaşacağınız şey, her iki bitki ile de beslenen "genelci" bir böcek türü olmasıdır. Türleşme yağ ile sirkeyi birbirinden ayırmaya benzer. Ayrılmak çabalarına rağmen, devamlı olarak karıştırılırlarsa ayrılmayacaklardır.

Coğrafik türleşme için hangi kanıtlar vardır? Burada sorduğumuz türleşmenin *olup olmadığı* değil, *nasıl* olduğudur. Fosil kayıtlar, embriyoloji ve diğer verilerden türlerin ortak bir atadan farklılaştıklarını zaten biliyoruz. Gerçekten görmek istediğimiz şey, coğrafik olarak ayrılmış populasyonların yeni türlere dönüştüğünü görmektir. Bu kolay bir iş değildir. Öncelikle bakterilerden başka organizmalarda türleşme genellikle yavaştır–dillerin ayrılmasından çok daha yavaştır. Meslektaşım Allen Orr ve ben bir atasal tür ile başlayarak üreme bakımından yalıtılmış iki türevinin evrimleşmelerinin yaklaşık 100 bin ile 5 milyon yıl zaman aldığını hesapladık. Buzul dönemi türleşmeleri bize, birkaç istisna dışında, tam süreci veya küçük bir parçasına bir insan ömrü süresince tanık olmayı beklemememiz gerektiğini söyler. Türlerin nasıl oluştuklarını çalışmak için, coğrafik türleşme kuramından köken alan öngörüleri sınayacak şekilde dolaylı yöntemlerden yardım almak zorundayız.

İlk öngörü eğer türleşme büyük ölçüde coğrafik yalıtıma bağlıysa, populasyonların bu yalıtım deneyimi için yaşam tarihi boyunca birçok fırsat yakalamış olmaları gerekir. Nede olsa, Dünya'da bugün milyonlarca tür

vardır. Coğrafik yalıtım da yaygındır. Dağ sıraları yükselir, buzullar genişler, çöller oluşur, kıtalar kayar ve kuraklık kesintisiz bir ormanı çayırlarla ayrılan parçalara böler. Bunların olduğu her seferde, bir türün iki veya daha fazla populasyona ayrılma şansı vardır. Yaklaşık üç milyon yıl önce Panama Kıstağı oluştuğunda, yükselen kara parçası köken olarak aynı türe ait denizel canlıları kıstağın her iki tarafında kalan populasyonlara böldü. Bir nehir bile su üzerinde uçmaktan hoşlanmayan birçok kuş türü için coğrafik bir bariyer işlevi görebilir.

Fakat populasyonlar coğrafik bir bariyerin oluşması ile yalıtık hale gelmek zorunda değillerdir. Sadece kazara uzak-mesafe yayılmalarla ayrı düşebilirler. Birkaç dik başlı bireyinin ya da tek bir hamile dişinin yanlış yöne gittikleri ve uzak bir kıyıya yerleştiklerini varsayalım. Böyle bir koloni ana kardaki atalarından yalıtılmış olarak evrimleşecektir. Okyanus adalarında olan tam da budur. Yayılma yoluyla bu tip yalıtımlar için şans, takımadalarda daha da fazladır. Burada bireyler ara sıra komşu adalar arasında gidip gelebilirler ve her defasında coğrafik olarak yalıtılırlar. Yalıtımın her raundu türleşme için yeni bir şans oluşturur. Bu süreç, Hawaii sirke sinekleri, Karayip *Anolis* kertenkeleleri ve Galápagos ispinozları gibi, yakın akraba türler içeren ünlü "açılımların" neden takımadalarda meydana geldiğini açıklar.

Öyle ise coğrafik türleşme için çok sayıda olanak olmuştur. Peki ya yeterli zaman olmuş mudur? Bu da sorun değildir. Türleşme bir ayrılma olgusudur. Burada her atasal dal, her birinin de daha sonra bölüneceği, iki kola ayrılır ve böyle devam ederek yaşam ağacı dallanır. Bazı dallar yok oluş nedeniyle kırpılmasına rağmen, bu süreç tür sayısının üstel artışı anlamına gelir. Günümüz yaşam çeşitliliğini açıklamak için, türleşmenin hangi hızda gerçekleşmesine ihtiyaç vardır? Bugün dünyada 10 milyon türün yaşadığı hesaplanmaktadır. Bu sayıyı keşfedilmemiş türleri hesaba katarak 100 milyona çıkaralım. Eğer 3,5 milyar yıl önce tek bir tür ile işe başlarsanız, bugün yaşayan 100 milyon türe, her atasal türün her 130 milyon yılda bir kez sadece iki türe bölündüğü durumda bile ulaşabilirsiniz. Daha önce gördüğümüz gibi gerçek türleşme bu süreden çok daha hızlı gerçekleşir. Bu yüzden birçok türün evrimleştiğini ve yok olduğunu hesaba katsak bile, zaman açıkça bir problem değildir[38].

Peki ya üreme bariyerlerinin evrimsel değişimlerin yan ürünü oldukları kritik düşüncesi? En azından bu laboratuvarlarda sınanabilir. Biyologlar bunu bitki ve hayvanları evrimleşme yoluyla farklı ortamlara uymaya zorlamak olan seçilim deneyleri yaparak gerçekleştirirler. Bu doğal yalıtık populasyonların farklı habitatlarla karşılaştıklarında ne olduğunun bir modelidir. Bir uyum evresinden sonra, bu farklı "populasyonlar" üreme bariyerleri evrimleştirdiklerini görmek için laboratuvarda sınanırlar. Bu deneyler onlarca veya düzinelerce nesil süresince yapılır ancak doğadaki türleşme binlerce nesil süresi alır. Bu nedenle tamamlanmış türün kökenini görmeyi bekleyemeyiz. Fakat bazen üreme yalıtımının başlangıcını görmeliyiz.

Sürpriz biçimde, bu kısa süreli deneyler bile çok sık biçimde genetik bariyerler üretir. Bu çalışmaların yarıdan fazlası (kısa nesil süresi nedeniyle hepsi sineklerde yapılmış olan yaklaşık 20 çalışma vardır), seçilimin başlamasından sonraki bir yıl içerisinde, populasyonlar arasında sıklıkla üreme bariyerine işaret eden pozitif sonuçlar vermektedir. En sık farklı ortamlara uyum populasyonlar arasında çiftleşme ayrımcılığı ile sonuçlanır (örneğin farklı besin tiplerine veya dikey bir labirentte yukarı yerine aşağıya hareket yeteneği). Populasyonların birbirlerini ayırt etmede kullandıkları özelliklerin ne olduğunu tam olarak bilmiyoruz. Ancak böylesi kısa bir zaman diliminde genetik bariyerlerin evrimleşmesi, coğrafik türleşmenin anahtar öngörüsünü doğrulamaktadır.

Kuramın ikinci öngörüsü coğrafyanın kendisini kapsar. Eğer populasyonlar türlere dönüşmek için genel olarak birbirlerinden fiziki bariyerler ile ayrılmak zorundalarsa, en son oluşan türleri farklı fakat yakın alanlarda bulmalıyız. Ortak bir atadan ayrıldıktan sonra geçen zamana bağlı olarak artan DNA dizileri arasındaki farkın miktarına bakarak türlerin ne kadar zaman önce ortaya çıktıkları konusunda kabaca bir fikre sahip olabiliriz. Daha sonra, bir grupta DNA dizileri bakımından en benzer olan "kardeş" türleri (ve bu yüzden en yakın akraba olan) saptayabilir ve coğrafik olarak yalıtılmış olup olmadıkları açısından inceleyebiliriz.

Bu öngörü de karşılanmaktadır. Birçok kardeş türün coğrafik bariyerler ile ayrıldıklarını görmekteyiz. Örneğin, Panama Kıstağı'nın her iki yakasının sığ suları gürültücü karideslerin 7 türüne ev sahipliği yaparlar. Her bir türün en yakın akrabası *diğer* taraftaki bir diğer türdür. Burada olan, 3 milyon yıl önce deniz tabanından bir kara parçası yükseldiği zaman, 7

atasal karides türünün bölünmüş olmasından başka bir şey değildir. Her bir ata Pasifik ve Atlantik birer tür oluşturmuştur (Bu arada gürültücü karidesler biyolojik harikalardır. Adlarını öldürme şekillerinden alırlar. Karidesler avlarına dokunmazlar fakat oldukça büyük olan tek tırnaklarını çarpıştırarak kurbanlarını sersemleten yüksek-basınçlı bir patlama üretirler. Karideslerin büyük grupları o kadar gürültü üretirler ki, denizaltıların sonarlarını karıştırırlar).

Bitkilerde de durum aynıdır. Çiçekli bitkilerin kardeş grup çiftlerinden her birini doğu Asya ve Doğu Amerika'da bulabilirsiniz Bütün botanikçiler bu bölgelerin bataklık lahanası, lale ağacı ve manolyaları da içeren benzer bir floraya sahip olduklarını bilirler. Bir flora çalışması, her bir çiftin bir türünün Asya'da ve en yakın akrabasının Kuzey Amerika'da olduğu borazançiçeği, kızılcık ve ördekotunu kapsayan dokuz kardeş tür çifti ortaya çıkardı. Botanikçiler bu dokuz çiftin her birinin geçmişte kıtalar boyunca kesintisiz yayılış gösteren birer tür olduklarını, fakat bundan yaklaşık beş milyon yıl önce daha soğuk ve kurak hale gelen iklimin aradaki ormanları ortadan kaldırmasıyla coğrafik olarak yalıtıldıklarını (ve ayrı olarak evrimleşmeye başladıklarını) düşünmektedirler. Gerçekten de, bu dokuz çiftin DNA tabanlı yaş tayinleri, ayrılma zamanlarını beş milyon yıl civarı olarak tarihlendirmektedir.

Takımadalar türleşmenin fiziksel yalıtım gerektirip gerektirmediğini keşfetmek için iyi alanlardır. Eğer bir grup bir ada kümesi içinde türler oluşturmuşsa, en yakın akrabasının aynı ada yerine farklı adalarda yaşadığını bulmalıyız (Tek adalar türleşmenin ilk basamağı olan populasyonların coğrafik olarak ayrılmasına izin vermek için çok küçüktürler. Hâlbuki farklı adalar su tarafından yalıtılmış olduklarından yeni türlerin kolayca oluşmasına izin verirler). Bu öngörünün de genel olarak doğru olduğu ortaya çıktı. Örneğin, Hawaii'de *Drosophila* sineklerinin kardeş türleri genellikle farklı adaları işgal ederler; bu aynı zamanda çok az bilinen fakat çarpıcı bir çeşitlenme gösteren kanatsız çekirgeler ve lobelia bitkileri için de doğrudur. Dahası, *Drosophila*'da türleşme olaylarının tarihleri sinek DNA'sı kullanılarak belirledik ve tam da öngörüldüğü gibi, en yaşlı türlerin en yaşlı adada yaşadıklarını ortaya koyduk.

Coğrafik türleşme modelinin diğer bir öngörüsü, coğrafik türleşmenin doğada halen süregeldiği mantıklı varsayımında yatmaktadır. Öyleyse tek

bir türün yalıtılmış populasyonlarını bulabilmeliyiz ve diğer populasyonlardan üreme bakımından az da olsa yalıtıldıklarını gösterebilmeliyiz. Beklendiği gibi, bu durum için birçok örnek vardır. Bunlardan biri Güney Afrika'da yaşayan orkide türü *Satyrium hallackii*'dir. Ülkenin kuzey ve doğu kesimlerinde tavus kelebeği (Sphingidae) ve uzun-dilli sinekler tarafından tozlaştırılmaktadır. Bu tozlaştırıcıları çekmek için, bu orkidelerin çiçekleri uzun nektar tüpleri evrimleştirmiştir. Tozlaşma sadece uzun dilli güve ve sinekler dillerini bu tüplere koyacak kadar çiçeğe yaklaştıklarında gerçekleşir. Fakat kıyı bölgelerde, tek tozlaştırıcı kıssa-dilli arılardır ve buralarda orkideler çok daha kısa nektar tüpü evrimleştirmiştir. Eğer bu populasyonlar her üç tozlaştırıcının da bulunduğu alanlarda yaşayacak olsalar, uzun ve kısa nektar tüplü çiçekler hiç şüphesiz uzun-dilli türler kısa nektar tüplü, kısa-dilli türler de uzun nektar tüplü çiçekleri kolayca tozlaştıramayacakları için bir miktar genetik yalıtım göstereceklerdir. Farklı populasyonlardan bireylerin, aynı populasyondan bireylere göre daha az çiftleştikleri birçok hayvan türü örneği bulunmaktadır.

Coğrafik türleşmeyi sınamak için son bir öngörüde bulunabiliriz. Fiziksel olarak yalıtılmış populasyon çiftleri arasında, üreme yalıtımının zamana bağlı olarak yavaşça arttığını göstermeliyiz. Meslektaşım Allen Orr ve ben bunu her çiftinin geçmişte kendi ortak atalarından farklı zamanlarda ayrıldıkları birçok *Drosophila* tür çiftine bakarak sınadık (Bölüm 4'te tanımlanan moleküler saat yöntemi ile bir tür çiftinin ayrılmaya başladığı zaman DNA dizilerindeki farklılıkların sayısı hesaplanarak tahmin edilebilir). Laboratuvarda üç tip üreme bariyeri ölçtük. Çiftler arasında çiftleşme farkı, kısırlık ve melezlerin yaşama yeteneği. Tam da öngörüldüğü gibi, türler arasında üreme yalıtımının zamana bağlı olarak gittikçe arttığını bulduk. Gruplar arasında genetik bariyerlerin, ayrılmadan yaklaşık 2,7 milyon yıl sonra, çiftleşmeyi tamamen önleyecek kadar güçlü hale geldiklerini hesapladık. Bu uzun bir süredir. En azından sirke sineklerinde, yeni türlerin ortaya çıkışının yavaş bir süreç olduğu açıktır.

Türlerin nasıl ortaya çıktıklarını keşfettiğimiz yol astronomların yıldızların zaman içinde nasıl "evrimleştiklerini" keşfettikleri yolla benzerlik gösterir. Her iki süreç de, kendi ömrümüz boyunca oluşumlarını göremeyeceğimiz kadar yavaş işler. Fakat yine de sürecin farklı evrimsel evrelerinin anlık sahnelerini keşfederek ve bu sahneleri kavramsal bir filmde birleştirerek nasıl

işlediklerini anlayabiliriz. Yıldızlar için astronomlar galaksilerde yayılmış toz bulutları ("yıldız kreşleri") gördüler. Başka yerlerde bu bulutların öncül yıldızlara yoğunlaştığını gördüler. Yine başka yerlerde, öncül yıldızların daha fazla yoğunlaşarak ve çekirdek ısıları hidrojen atomlarını birleştirip helyum oluşturacak şekilde yüksek hale geldiğinde ışık saçarak tam yıldızlara dönüştüklerini gördüler. Başka yıldızlar Betelgeuse gibi "kızıl devlerdi"; bazıları dış tabakalarını uzaya fırlattıklarının işaretlerini gösterdiler; yine diğerleri küçük, yoğun beyaz cücelerdi. Tüm bu evreleri fiziksel ve kimyasal yapı ve davranışları hakkında bildiklerimiz temelinde mantıklı bir sırada bir araya getirerek, yıldızların nasıl oluştukları ve devam ettikleri ve öldükleri konusunda parçaları bir araya getirebilmekteyiz. Yıldızların evriminin bu resminden, öngörülerde bulunabiliriz. Örneğin, Güneş büyüklüğündeki yıldızların genişleyip kızıl deve dönüşmeden önce yaklaşık 10 milyar yıl boyunca devamlı ışık saçtıklarını biliyoruz. Güneş yaklaşık 4,6 milyar yıl yaşında olduğuna göre, bir gezegen olarak sonunda Güneşin genişlemesiyle yutulacağımız zamanın yaklaşık yarı yolunda olduğumuzu söyleyebiliriz.

Aynısı türleşme için de geçerlidir. Hiçbir üreme yalıtımı olmayan, giderek artan ölçüde üreme yalıtımına sahip (populasyonlar daha uzun süreler yalıtık kaldıkça) ve sonunda tam türleşmeye kadar ulaşan, coğrafik olarak yalıtılmış populasyonların her türlüsünü görüyoruz. Nehir ve Panama Kıstağı gibi coğrafik bariyerlerin her iki tarafında ve bir takımadanın farklı adalarında ortak bir atadan köken alan türler görüyoruz. Tüm bunları bir araya getirerek, yalıtılmış populasyonların farklılaştıklarını ve bu farklılaşma yeteri kadar uzun sürdüğünde, evrimin yan ürünü olarak üreme bariyerleri geliştiği sonucuna varmaktayız.

Yaradılışçılar sıklıkla eğer yaşamımız boyunca yeni bir türün evrimleşmediğini göremiyorsak, türleşme olmadığını iddia ederler. Ancak bu sav budalacadır. Bu tek bir yıldızın tam yaşam döngüsünü görmediğimiz için yıldızlar evrimleşmezler veya yeni bir dilin ortaya çıktığını görmediğimiz için, diller evrimleşmezler demek gibidir. Bir sürecin tarihsel yeniden yapılandırılması, bu süreci çalışmak için tamamen geçerli bir yoldur ve sınanabilir öngörüler üretebilir.[39] Güneşin yaklaşık beş milyar yıl içinde yanmaya başlayacağını tahmin edebileceğimiz gibi, farklı yönlerde yapay olarak seçilen laboratuvar populasyonlarının genetik olarak yalıtılacaklarını da tahmin edebiliriz.

Çoğu evrimci populasyonların coğrafik yalıtımının türleşme için en yaygın yol olduğunu kabul eder. Bu aynı alanda yaşayan yakın akraba türlerin (yaygın bir durumdur) gerçekte atalarının coğrafik olarak yalıtıldıkları daha önceki bir zaman sürecinde birbirlerinden ayrıldıkları anlamına gelir. Fakat bazı biyologlar yeni türlerin hiçbir coğrafik ayrılmaya ihtiyaç duymadan da oluşabileceğini düşünmektedirler. Örneğin Darwin, *Türlerin Kökeni*'nde tekrar tekrar yeni türlerin, özellikle de bitkilerin çok küçük, sınırlı alanlarda oluşabileceğini önerdi. Darwin'den bu yana biyologlar, türleşmenin coğrafik bariyerler olmaksızın (bu Yunanca "aynı yerde" anlamında *simpatrik* türleşme olarak bilinir) gerçekleşebileceği olasılığı konusunda şiddetli tartışmalar yürüttüler. Burada problem, daha önce de söz edildiği gibi, üyeleri aynı alanda kaldıkça bir gen havuzunun ikiye ayrılmasının zor oluşudur. Çünkü ayrılmakta olan formlar arasında devam eden üreme bunları sürekli tek bir tür içine geri döndürecektir. Matematiksel kuramlar simpatrik türleşmenin, doğada yaygın olmayan sadece sınırlı koşullar altında mümkün olduğunu göstermektedir.

Coğrafik türleşme için kanıt bulmak nispeten kolay ancak simpatrik türleşme için zordur. Eğer aynı alanda yaşayan iki akraba tür görürseniz, bu her zaman bunların bu alanda oluştukları anlamına gelmez. Türler sürekli olarak habitatları genişledikçe yayılış alanlarını da genişletirler. Buzul dönemleri ve benzeri iklimdeki uzun süreli değişimler boyunca ise daraltırlar. Aynı alanda yaşayan akraba türler başka yerlerde oluşmuş ve yayılış alanları sadece daha sonra çakışmış olabilirler. Peki, bu durumda aynı alanda yaşayan iki akraba türün aslında bu alanda *ortaya çıktıklarından* nasıl emin olabiliriz?

İşte bunu bilmenin bir yolu! Genellikle hiçbir coğrafik bariyer bulunduramayacak kadar küçük olan yalıtık küçük kara parçaları olan okyanus adaları veya küçük göller gibi habitat adacıklarına bakabiliriz. Eğer yakın akraba türleri böylesi habitatlarda görürsek, coğrafik yalıtım olasılığı çok düşük olduğundan bunların simpatrik olarak oluştukları sonucuna varabiliriz.

Simpatrik türleşmenin iyi bilinen sadece birkaç örneği vardır. En iyi örnek Kamerun'daki iki küçük gölün çiklet balıklarıdır. Volkan kraterinin dolmasıyla oluşan bu yalıtık Afrika gölleri, populasyonların mekânsal olarak ayrılmasına izin vermeyecek kadar küçüktürler (alanları sırasıyla 0,52

ve 4,2 km^2). Buna rağmen her göl, her biri yakın zamanda bir ortak atadan türeyen birer 'mini-açılıma' sahiptir. Bir göl 11, diğeri 9 türe ev sahipliği yapar. Bu muhtemelen simpatrik türleşme için sahip olduğumuz en iyi kanıttır. Ancak bunun neden ve nasıl olduğunu bilmiyoruz.

Diğer bir örnek, Avusturalya'nın doğu kıyılarının yaklaşık 560 km açığında Tasman denizinde bulunan okyanus adası Lord Howe'daki palmiye ağaçlarıdır. Ada yaklaşık 13 km^2'lik küçük bir alana sahip olmasına rağmen, en yakın araba oldukları ortaya çıkan iki yerli palmiye, Kentia ve kıvırcık palmiye türlerini bulundururlar (Kentia palmiyesi tanıdık gelebilir, tüm dünyada popüler bir ev bitkisidir). Bunlar adada yaklaşık 5 milyon yıl önce yaşayan atasal bir palmiye türünden köken almış gibi görünmektedir. Bu türleşmenin coğrafik yalıtımla oluşması, özellikle polenlerini geniş alanlara yayan rüzgâr ile tozlaştıkları düşünülürse çok düşük olasılıktır.

Simpatrik türleşmenin birkaç başka örneği de vardır. Ancak bunlar kadar ikna edici değildirler. Ancak en şaşırtıcı olan, birçok kez fırsat doğduğu halde, simpatrik türleşmenin *gerçekleşmemiş* oluşudur. Makul sayıda tür içeren çok sayıda habitat adacığı vardır; fakat hiçbirinde türler birbirlerinin en yakın akarbaları değildirler. Açıkçası, bu adacıklarda simpatrik türleşmeler meydana gelmemiştir. Meslektaşım Trevor Price ve ben yalıtık okyanus adalarında türleşmeye işaret edebilecek, yakın akraba türlerin varlığını araştırmak için kuşlar üzerine bir araştırma yaptık. İncelediğimiz 46 adanın hiçbirinde birbirlerinin en yakın akrabası tek bir kuş türüne rastlamadık. Benzer bir sonuç, çoğu kez hayvan dükkânlarında satılan küçük yeşil bir kertenkele olan *Anolis* türleri için de gözlenmiştir. Yakın akraba *Anolis* türleri açıkça, türleşmeye izin verebilecek kadar büyük, dağlık ve değişken Jamaika gibi adalardan daha küçük adalarda bulunmazlar. Bu adalarda kardeş türlerin bulunmayışı, simpatrik türleşmenin bu gruplarda yaygın olmadığını göstermektedir. Ayrıca bu yaradılışçılığa karşı kanıt olarak da ele alınabilir. Nede olsa, bir yaratıcının neden benzer kuş ve kertenkele türlerini sadece kıtalarda yarattığı fakat yalıtılmış adalarda yaratmadığının hiçbir açık sebebi yoktur ("Benzerlik" den kastım, o kadar benzer ki evrimciler bunları en yakın akraba olarak ele alırlar. Çoğu yaradılışçı, evrimi gerektirdiği için türleri "akraba" olarak kabul etmezler). Simpatrik türleşmenin nadir oluşu, tam da evrimsel kuramın öngördüğü durumdur ve kuram için fazladan destek sağlar.

Ancak, simpatrik türleşmenin bize, sadece bitkilerde yaygın olduğunu gösteren değil, aynı zamanda "türleşmenin işbaşında" olduğu örnekleri sunan, yani türlerin gerçekte bir insan ömrü boyunca açığa çıktıklarını gösteren iki özel biçimi daha vardır. Bunlardan biri *allopoliploid türleşme* olarak adlandırılır. Bu türleşme şekli konusunda tuhaf olan şey, aynı türün yalıtılmış populasyonları ile işe başlamak yerine, aynı alanda yaşayan iki farklı türün melezleşmesiyle başlamasıdır. Genellikle bu farklı türlerin farklı tip ve sayıda kromozoma sahip olmalarını gerektirir. Bu farklılıktan dolayı, bu türler arasındaki melez, polen veya yumurta oluşturmaya çalışırken uygun kromozom eşleşmesi yapamayacaktır ve kısır olacaktır. Ancak, bu melezin her kromozomunun birer kopyasını oluşturmanın bir yolu bulunursa, her bir kromozomun artık eşleşecek bir eşi olacak ve bu çift kromozomlu melez üretken olacaktır. Bu aynı zamanda yeni bir türdür; çünkü böylesi bir eşleşmeden yanlış kromozom sayılı kısır döller oluşmayacağından, diğer melezlerle döllenemeyeceği gibi, iki köken atasının hiçbiriyle de döllenemeyecektir. Gerçekte böyle "çift-sayılı" allopoliploidler, yeni türlerin doğuşuna yol açacak şekilde düzenli bir biçimde ortaya çıkarlar.[40]

Poliploid türleşme her zaman melezlenme gerektirmez. Bir poliploid sadece tek bir türün bütün kromozomlarını iki katına çıkararak *otopoliploidi* denilen bir süreçle oluşabilir. Bir otopoliploid diğer bir otopoliploid ile eşleştiğinde üretken döller oluştururlar ancak köken ata türleri ile eşleştiklerinde sadece kısır melezler üretmelerinden dolayı bu süreçte yeni bir türle sonuçlanır.[41]

Poliploid türleşmenin herhangi bir tipinin oluşması için, iki ardışık nesilde nadir bir olgunun açığa çıkmasına ihtiyaç vardır: Anormal derecede yüksek sayılı kromozom taşıyan yumurta ve spermlerin oluşumu ve birleşmeleri. Bu nedenle, böylesi türleşmelerin gerçekten de çok nadir olacağını düşünmüş olmalısınız. Fakat değillerdir. Tek bir bitkinin milyonlarca polen ve yumurta üretebileceği düşünüldüğünde, pek olası olmayan bir olgu sonuçta mümkün hale gelir. Tahminler çeşitlidir; ancak dünyanın iyi çalışılmış alanlarındaki tüm çiçekli bitkilerin % 25 kadarının poliploidi yoluyla oluştuğu tahmin edilmektedir. Diğer yandan, tarihlerinin bir yerinde atalarında poliploidi olgusu taşıyan yaşayan türlerin sayısı % 70'e kadar çıkmaktadır. Bu açıkça yeni bitki türlerinin ortaya çıkmasında yaygın bir yoldur. Dahası, poliploid türleri neredeyse bütün bitki gruplarında

(dikkate değer istisna ağaçlardır) görmekteyiz. Yiyecek veya süs için kullanılan birçok bitki poliploiddir veya bir poliploid atası olan kısır melezlerdir. Buğday, pamuk, lahana, krizantem ve muz bunlardan bazılarıdır. Bu ya insanların doğada melezleri her iki ata türünden daha yararlı özelliklere sahip olmalarıyla tanımaları veya bilinçli şekilde istenilen gen bileşimlerini yaratmak için poliploid üretmeleri nedeniyledir. Mutfağınızdan günlük iki örnek bunu gösterir. Buğdayın birçok formu, atalarımız tarafından geliştirilen, üç farklı türün karmaşık bir dizi çaprazlanması ile açığa çıkan 6 kromozom takımına sahiptir. Ticari muz, bir kromozom takımını bir türden, iki kromozom takımını diğerinden alan iki yabani türün kısır melezidir. Muzunuzun ortasında bulunan şu siyah küçük benekler aslında uygun kromozom çiftleşmesi olmadığından tohuma dönüşmemiş atık bitki yumurtalarıdır. Muz bitkisi kısır olduğundan çelikleme yöntemiyle çoğaltılmak zorundadır.

Poliploidi sadece bazen balıklar, böcekler, solucanlar ve sürüngenlerde açığa çıkmak üzere hayvanlarda oldukça nadirdir. Bu formlardan çoğu eşeysiz ürerler ancak eşeyli üreyen bir poliploid memeli vardır. Arjantin'in tuhaf kızıl viscacha sıçanı, 112 kromozomu ile en fazla kromozomu olan memelidir. Poliploidinin hayvanlarda neden çok nadir olduğunu anlamıyoruz. X/Y eşey belirleme mekanizmasını bozması veya hayvanların kendine-döllek olmamaları ile ilişkili bir durum olabilir. Tersine, birçok bitki tek bir yeni poliploid bireyinin, bu yeni türün tüm üyelerinin birçok akraba bireyini üretmesine izin veren kendini dölleme yeteneğine sahiptir.

Poliploid türleşme genlerdeki değişimden ziyade kromozom sayısındaki değime olmasıyla, diğer türleşme tiplerinden farklılık gösterir. Ayrıca yeni bir poliploid tür sadece iki nesil süresinde oluştuğundan, "normal" coğrafik türleşmeden çok daha hızlıdır. Bu adeta jeolojik zamanda bir andır. Bize türleşmeyi işbaşında görme isteğimizi tatmin edecek şekilde, "gerçek" zamanda yeni bir türün ortaya çıkışını görmenin eşsiz şansını sunar. En az beş bitki türünün bu şekilde oluştuğunu biliyoruz.

Bunlardan biri papatyagiller familyasından çiçekli bir bitki olan Galler kanarya otudur (*Senecio cambrensis*). Kuzey Galler'de 1958'de ilk kez rastlanmıştır. Son zamanlarda yapılan çalışmalar aslında bu türün, iki diğer türün poliploid bir melezi olduğunu ortaya koydu. Bunlardan biri Birleşik Krallığın yerli türü adi kanarya-otu (*Senecio vulgaris*), diğeri ise 1792'de

Birleşik Krallığa getirilen Oxford kanarya otudur. (*Senecio squalidus*). Oxford kanarya otu 1910'lara kadar Galler'de görülmedi. Bunun anlamı, yerel bitkilerin sürekli bir dökümünü yapan Britanyalı tutkulu botanik çalışmalarını düşünürsek, melez Galler kanarya otunun 1910 ile 1958 arasında açığa çıkmış olmasıdır. Gerçekten bir melez olduğu ve poliploidi ile oluştuğu üzerine kanıtlar birkaç kaynaktan gelmektedir. Başlangıç olarak, bir meleze benzemektedir; çünkü adi kanarya otu ile Oxford kanarya otunun özelliklerine sahiptir. Dahası, tam olarak bu iki atanın poliploid melezi için öngörülen kromozom sayısına (60) sahiptir (bir tür 40 diğeri 20 kromozomludur). Genetik çalışmalar melezin kromozom ve genlerinin bu iki ata türde görülenlerin bir bileşkesi olduğunu ortaya koymuştur. Son kanıt iki ata tür arasında çeşitli çaprazlamalar yaparak, tam olarak bu melez türü laboratuvarda sentezleyen İskoçya St. Andrews Üniversite'sinden Jacqueline Weir ve Ruth Ingram'dan gelmektedir. Yapay olarak üretilen melez bütünüyle yabanda görülen Galler kanarya otuna benzemektedir (Doğal melezler genellikle atalarını bulmak için bu yolla sentezlenirler). Öyle ise Galler kanarya otunun son 100 yılda açığa çıkmış yeni bir türü temsil ettiği konusunda neredeyse şüphe yoktur.

Diğer gerçek-zaman türleşmelerinin dört örneği benzerdirler. Hepsi yerli bir tür ile sonradan getirilmiş bir tür arasındaki melezleridir. Her ne kadar bu örnekler, insanların bitkileri bir yerden başka bir yere taşımak anlamında, biraz yapaylık içerse de, eğer yeni türlerin gözümüzün önünde oluşmasını istiyorsak, neredeyse bir gerekliliktir. Uygun ata türler aynı alanda yaşadıklarında, poliploid türleşmenin oldukça hızlı bir şekilde açığa çıktığı görülmektedir. Eğer allopoliploid bir türleşmeyi, doğada görmek istersek, iki atasal türün çok yakın temasa geçtikleri andan sonra, orada olmak zorundayız. Bu, sadece yakın zaman bir biyolojik işgalden sonra gerçekleşecektir.

Fakat poliploid türleşme evrim sürecinde, defalarca şahitsiz oluşmuştur. Bunu bilim insanlarının doğada bizim var oluşumuzdan çok önceleri açığa çıkmış olanlarla tamamen aynı olan poliploid melezleri seralarda sentezlemelerinden biliyoruz. Yapay olarak üretilen poliploidler doğada bulunanalar ile eşleşebilmektedirler. Tüm bunlar doğal olarak oluşan türlerin kökenini yeniden yapılandırmamız konusunda iyi kanıtlardır.

Poliploid türleşmenin bu örnekleri gözleri önünde gerçekleşmediği sürece evrimi kabul etmeyenlerin eleştirilerini tatmin etmelidir.[42] Fakat poliploidi olmaksızın bile türleşme için çok sayıda kanıta sahibiz. Fosil kayıtlarda soy hatlarının ayrıldıklarını görmekteyiz. Yakın akraba türlerin coğrafik bariyerlerle ayrıldıklarını görmekteyiz. Üreme bariyerlerini, yani türleşmenin temeli olan bariyerleri, yeni türler oluşturmak üzere evrimleştirme sürecine girmiş populasyonlarda görmekteyiz. Hiç şüphe yok ki, Bay Darwin bu gün uyanmış olsaydı, türlerin kökeninin artık "gizemlerin gizemi" olmadığını görmekten mutlu olacaktı.

Bölüm 8

Peki Ya Biz?

Darwin İnsanı, ne kadar uslu olursa olsun,
En fazla sadece tıraşlı bir maymundur.

–William S. Gilbert ve Arthur Sullivan, *Prenses Ida Operası*

Raymond Dart, 1924'te bir evlilik töreni için giyinirken, gerçekten de 20. yüzyılın en önemli fosil bulgusu haline gelecek fosili elinde tutuyordu. Dart sadece Güney Afrika'nın Witwatersrand Üniversitesi'nde genç bir anatomi profesörü değil, yeni bir anatomi müzesini doldurmak için "ilginç buluntular" aradığı haberini yayan amatör bir antropologdu. Dart smokinini kuşanırken, postacı Transvaal bölgesi, Taungs yakınlarındaki kireçtaşı taş ocağından çıkartılmış kemik parçaları içeren iki kutu kayaç getirdi. *Kayıp Halka ile Maceralar* (*Adventures with the Missing Link*) adlı anılarında Dart o anı şöyle tarif eder:

> Kapağı açar açmaz bedenimi büyük bir heyecan dalgası sardı. Taş yığının en üstünde duran tartışmasız olarak beynin dıştan veya kafatasının içten bir mulajıydı. Eğer herhangi bir insansı türünün fosilleşmiş beyin mulajı idiyse, daha önce asla rapor edilmiş böyle bir şey olmadığı için büyük bir buluş payesi alacaktı. Fakat ilk bakışta elimde duran şeyin sıradan bir antropoid beyni olmadığını biliyordum. Burada kireçle pekiştirilmiş kumda bulunan bir babununkinden üç kat ve erişkin bir şempanzeninkinden dikkate değer derecede büyük bir beyin mulajıydı.

Beyin kıvrımları ve yarıklarının şaşırtıcı izleri ve kafatasının kan damarları açıkça görülebilmekteydi.

İlkel insan için yeteri kadar büyük değildi, fakat bir insansı için bile genişlemiş büyük bir beyindi ve en önemlisi ön beyin o kadar büyük ve geriye doğru o kadar genişlemişti ki arka beyni bütünüyle kaplamıştı.

Bu taş yığını arasında bir yerlerde bu beyine uyacak bir yüz var mıydı? Telaşla kutunun altını üstüne getirdim. Aramam karşılığını verdi; beyin mulajının tam olarak uyduğu bir çöküntünün olduğu büyük bir taş buldum. Taşta kafatasının kırılmış bir parçasının izleri hafifçe görünüyordu ve dahası alt çenenin arka tarafı ile diş çukurları yüzün orada blokun bir yerinde olması gerektiğini gösteriyordu....

Bir cimrinin aç gözlülükle altınına sarılması gibi, beyin elimde gölgede öylece dikiliyordum, aklım çıkacak gibiydi. Artık bunun antropoloji tarihinde şimdiye kadar yapılmış en önemli buluntudan biri olduğu konusunda emindim.

Darwin'in çoğunlukla önem verilmeyen, insanın erken öncüllerinin muhtemelen Afrika'da yaşadıkları kuramı tekrar aklıma geldi. Acaba, onun bu "kayıp halkasının" bulunmasına bir aracımı oluyordum?

Bu hülyam kolumu çeken damat tarafından kesildi.

Kızgınlığını sesine yansıtmamaya çalışarak "Aman Tanrım, Ray" dedi. "Giyinmeni hemen bitirmek zorundasın–yoksa kendime başka bir sağdıç bulmak zorunda kalacağım. Gelin arabası her an gelebilir."

Damadın telaşı anlaşılabilir. Kimse evlilik gününde sağdıçlarının, düğünlerinden daha çok bir kutu tozlu taşla ilgilendiğini keşfetmek istemez. Evet, Dart'ı anlamak da zor değildir. *İnsanın Türeyişi* kitabında Darwin, en yakın akrabalarımız olan şempanze ve gorillerin her ikisinin de Afrika'da yaşamaları nedeniyle, kendi türümüzün buradan köken aldığını varsaydı. Fakat bu bir sezgiden fazlası değildi. Bunu destekleyecek hiçbir fosil yoktu. Bizler ve diğer insansı maymunlarla paylaşmış olmak zorunda olduğumuz bu ortak ata, şüphesiz insandan daha çok insansı maymunlara benzeyen bir ata arasında açıkça evrimsel bir uçurum vardı. 1924'ün o gününde bu ilk atlama taşı, uçurumun geçilebileceğini gösterecek şekilde, gün yüzüne çıktı. Çok önceleri basitleştirilerek "kayıp halka" olarak adlandırılanın doğrudan bir görünümü, işte orada, Dart'ın titreyen ellerindeydi. Düğündeki görevlerine nasıl odaklanmış olabileceğini merak ediyor olmalısınız.

Dart'ın bu kutuda bulduğu, daha sonra *Australopithecus africanus* ("Güneyli insansı maymun-adam") olarak adlandırdığı türün ilk örneğiydi. Dart'ın karısından aşırdığı örgü şişlerinin sivri uçlarını kullanarak taşı çok titiz bir şekilde ayırması ile tam bir yüz açığa çıktı. Bu yüz tam süt dişleri ve çıkmakta olan azı dişleriyle, günümüzde "Taung çocuğu" olarak bilinen bir çocuğun yüzüydü. İnsan ve insansı maymunların özelliklerinin bir karışımına sahip oluşu, Dart'ın gerçekten de insan soyunun doğuşunu kazara keşfetmiş olduğu düşüncesini açıkça doğruladı.

Dart'dan bu yana, paleoantropologlar, genetikçiler ve moleküler biyologlar evrim ağacındaki yerimizi saptamak için fosiller ve DNA dizileri kullanageldiler. Bizler diğer maymunlardan türeyen maymunlarız ve ataları bizim kendi atalarımızdan birkaç milyon yıl önce Afrika'da ayrılan şempanzeler en yakın kuzenimizdir. Bunlar tartışmasız gerçeklerdir. İnsanlığımızı küçültmesi yerine, canlı ve ölü bütün organizmaları ilişkilendirdiği için bizde haz ve merak uyandırmalıdır.

Fakat buna herkes bu açıdan bakmamaktadır. İnsanın evrimi Darwinizmi kabul etmeye direnenler arasında, karşı oluşlarının ana nedenini oluşturur. Memelilerin sürüngenlerden veya kara hayvanlarının balıklardan evrimleştiklerini kabul etmek zor görünmemektedir. Ancak tüm diğer türler gibi, bizlerin de oldukça farklı olan bir atadan evrimleştiğimizi kabullenmeye bir türlü ikna olmuyoruz. Biz kendimizi her zaman bir şekilde doğanın geri kalanından ayrı gördük. İnsanların özel yaratılma nın objeleri olduğu dinsel inanışı ve aynı zamanda öz-bilinçli bir beynin eşlik ettiği doğal tekbencilik (*natural solipsism*) ile cesaretlendirildiğimizden, diğer hayvanlar gibi doğal seçilimin kör ve akılsız sürecinin tesadüfi ürünleri olduğumuz evrimsel dersine direnmekteyiz. Birleşik Devletlerde köktenci dinin hegemonyası nedeniyle, bu ülke insanın evrimi gerçeğine en fazla direnç gösterenler arasındadır.

Ünlü 1925'teki "Maymun Davası'nda", lise öğretmeni John Scopes, Dayton, Tennessee'te, Tennessee Butler Yasasını ihlal etmekten yargılandı ve mahkûm oldu. Ağırlıklı olarak, bu yasa genel olarak evrimin öğretilmesini değil, fakat sadece *insanın* evrimleştiği düşüncesini yasaklıyordu:

> Bu yasa Tennessee Eyaleti Genel Meclisi tarafından yürütülür, bir öğretmenin kısmen veya tamamen Eyalet kamu okulları bütçesiyle des-

> teklenen üniversitelerde, normal ve Eyaletin diğer bütün kamu okullarında, İncil'de öğretildiği gibi insanın Tanrısal Yaratılma hikâyesini reddeden her hangi bir kuramı öğretmesi ve bunun yerine insanın daha düşük düzeyli hayvanlardan türediğini öğretmesi yasaya aykırıdır.

Daha liberal yaradılışçılar bazı türlerin diğerlerinde evrimleşebileceğini kabul ederken, ***bütün*** yaradılışçılar insanı bunun dışında tutarlar. Bizimle diğer primatlar arasındaki boşluğun evrim ile kapatılamayacağını ve bu nedenle özel yaratılmanın bir eylemi olmak zorunda olduğunu söylerler.

İnsanların doğanın bir parçası olduğu düşüncesi biyoloji tarihinin çoğu boyunca lanetliydi. Biyolojik sınıflandırmayı kuran İsveçli botanikçi Carl Linnaeus, 1735'te *Homo sapiens* ("akıllı adam") olarak adlandırdığı insanı anatomik benzerlikleri temelinde maymun ve insansı maymunlarla grupladı. Linnaeus bu türler arasında bir evrimsel akrabalık ilişkisi önermedi. Niyeti Tanrı yaratımının arkasındaki düzeni tam olarak ortaya koymaktı–fakat yine de kararı tartışmalıydı ve başpiskoposun gazabına maruz kaldı.

Bundan bir asır sonra Darwin kuvvetle inandığı insanların diğer türlerden evrimleştiği fikrini önerdiği zaman, karşı karşıya kalacağı öfkenin çok iyi farkındaydı. *Türlerin Kökeni*'nde, kitabın sonuna ima yoluyla bir cümle sokuşturarak konuya değinmekten kaçındı: "İnsanın kökeni ve tarihine ışık tutacaktır". Darwin 13 yıl sonra *İnsanın Türeyişi* (1871) kitabına kadar konuyu ciddi olarak ele almadı. Artan kavrayışı ve inancının verdiği cesaret yanında düşüncelerinin hızla kabulünün kazandırdığı özgüvenle Darwin nihayet düşüncelerini ortaya koydu. Anatomi ve davranış üzerine dikkatle çalışan Darwin, sadece insanların maymun benzeri yaratıklardan evrimleşmiş olduklarını değil, Afrika'da evrimleştiklerini de ileri sürdü:

> Biz böylece insanın, bir kuyruk ve sivri kulaklarla teçhiz edilmiş, muhtemelen ağaçlar üzerinde yaşayan ve Eski Dünya'nın bir sakini olan kıllı bir dört ayaklıdan türediğini öğrenmekteyiz.

Bu cümlenin Victoria dönemi kulaklardaki etkisini hayal edin. Atalarımızın ağaçlarda yaşadığını düşünmek! Kuyruk ve sivri kulaklarla donanmış olmaları! Son bölümde Darwin nihayet cepheden dini itirazları ele aldı:

Bu çalışmada ulaşılan sonuçların bazı kimselerce oldukça din karşıtı olmakla itham edileceğinin farkındayım; ancak bu ithamı yapanların, farklı bir tür olarak insanın kökenini, varyasyon ve doğal seçilim yasaları yoluyla bazı düşük düzey formlardan türemesiyle; ayrıca bireylerin oluşumunu sıradan üreme yasaları yoluyla (gelişim örüntüsü) açıklamanın neden din karşıtlığı olduğunu gösterme sorumluluğu vardır.

Yine de, bütün meslektaşlarını ikna edemedi. Rakibi Alfred Russel Wallace ve danışmanı Charles Lyell'ın her ikisi evrim düşüncesinin altına imza attılar fakat doğal seçilimin insanların yüksek akli melekelerini açıklayabileceği konusunda ikna olmadılar. İnsanların gerçekten de evrimleştikleri konusunda şüphe edenleri ikna etmek fosillere düştü.

Fosil Atalar

1871'DE İNSAN fosil kayıtları, bizlerle insansı maymunlar arasında bir kayıp halka sayılmayacak kadar insana benzeyen sadece geç dönem Neandertallerinin birkaç kemiğinden ibaretti. Bunların da *Homo sapiens*'in anormal bir populasyonu olduğu düşünülüyordu. 1891'de Hollandalı hekim Eugene Dubois Java'da ihtiyaca cevap veren bir kafatası, bir miktar diş ve bir femur (uyluk kemiği) çıkardı. Kafatası modern insanınkinden bir derece daha kütlevi ve beyin hacmi daha azdı. Fakat düşüncesine karşı bilimsel ve dinsel muhalefetten bunalan Dubois, *Pithecanthropus erectus* (şimdi *Homo erectus* olarak adlandırılan) kemiklerini bilimsel incelemeden 30 yıl saklayarak, evinin altına gömdü.

Dart'ın 1924'te Taung çocuğunu keşfetmesi, sonunda 1930'larda başlayan ünlü Olduvai Gorge'daki Leakey kazılarının, 1974'te Donald Johanson tarafından "Lucy"nin keşfine ve diğer buluntulara ev sahipliği yapan Afrika'da insan atası için başlatılan avın fitilini ateşledi. Günümüzde tam olmaktan uzak olmakla beraber kendi evrimimizin makul sayıda fosil kaydına sahibiz. Göreceğimiz gibi, çok sayıda gizem ve birçok sürpriz vardır.

Fakat fosiller olmaksızın bile, evrim ağacı üzerinde kendi yerimize ilişkin halen bir şeyler biliyor olacaktık. Linnaeus'un önerdiği gibi anatomimiz bizi, öne kaymış gözler, el tırnakları, renkli görme ve kavrayabilen başparmak gibi tümünün paylaştığı özellikler nedeniyle maymunlar, insansı maymunlar ve lemurlarla beraber Primata takımına sokar. Diğer bazı özellikler bizi "kü-

çük insansılar" (gibonlar) ve "büyük insansılar" (şempanzeler, goriller, orangutanlar ve biz) ile birlikte daha küçük bir gruba, Hominoidea üst-ailesine koyar. Bu üst-aile içinde yassı el tırnakları, 32 diş, büyümüş yumurtalık ve uzun ebeveyn bakımı gibi özgün özellikler paylaşmak yoluyla bizler büyük insansılarla beraber Hominidae ailesi içinde gruplanırız. Bu paylaşılan karakterler, diğer her hangi bir memeli atamıza göre, büyük insansılarla paylaştığımız ortak atanın çok daha sonra yaşadığını gösterir.

DNA ve protein dizilerinden elde edilen moleküler veriler bu akrabalık ilişkisini doğrulamakta ve ayrıca bize akrabalarımızdan kabaca ne zaman ayrıldığımızı söylemektedir. Bizler şempanzeler ile (yaygın ve cüce şempanzelere eşit derecede) en yakın akrabayız ve birleşik ortak atamızdan yaklaşık 7 milyon yıl önce ayrılmışız. Goriller biraz daha uzak ve orangutanlar ise daha da uzak akrabalarımızdır (ortak atadan bu yana 12 milyon yıl).

Ancak birçokları için fosil kanıtlar moleküler veriye göre psikolojik olarak daha inandırıcıdır. DNA dizimizin % 98,5'ini şempanzelerle paylaştığımızı öğrenmek bir şey, fakat neredeyse modern insanınkiyle aynı olan bir iskeletin tepesinde bulunan insansı-benzeri, küçük bir kafatasına sahip bir australopitesin iskeleti görmek bütünüyle başka bir şeydir. Ancak fosillere bakmadan önce, eğer insanlar insansı maymunlardan evrimleşmişlerse, ne bulmayı beklediğimiz konusunda bazı öngörülerde bulunabiliriz.

İnsansı maymunlarla olan "kayıp halkamız" neye benzemeli? "Kayıp halkanın" bir yandan modern insanı, diğer yandan şempanzeleri oluşturan tek bir atasal tür olduğunu hatırlayınız. Böylesi tek kritik türü keşfetmeyi ummak, şempanze ve insan soy hatlarının her ikisinden de, atadaki kesişmeye kadar geriye doğru giden ata-türev fosillerinin tam bir serisini tanımlamayı gerektireceğinden, mantıklı değildir. Birkaç denizel mikroorganizma hariç böylesi tam fosil serileri yoktur. Bizim erken dönem fosil atalarımız büyüklerdi, antiloplar gibi otçullarla karşılaştırıldıklarında nispeten az sayıdalardı ve Afrika'nın küçük bir parçasında fosilleşme için uygun olmayan kurak koşullar altında yaşıyorlardı. Fosilleri tüm insansı maymunlar ve maymunlar gibi nadirdir. Bu problemimizi, geçiş fosilleri nadir olan kuşlarla benzeştirir. Kuşların evrimlerinin izini kesin olarak telekli sürüngenlere kadar sürebiliriz fakat hangi fosil türün modern kuşların doğrudan ataları olduğundan tam olarak emin değiliz.

Tüm bunlar düşünüldüğünde, insanlar ve diğer insansı maymunlar arasındaki "kayıp halkayı" temsil edecek tek bir belli tür bulmayı bekleyemeyiz. Sadece evrimsel kuzenlerini bulmayı ümit edebiliriz. Bu ortak

atanın bir şempanze olmadığını ve muhtemelen ne günümüz şempanzeleri ne de günümüz insanına benzemediğini hatırda tutmamız gerekir. Yine de "kayıp halkanın" görünüşünün modern insandan çok modern şempanzelere benzemesi daha olasıdır. Hepsinin bize benzediklerinden çok daha fazla birbirlerine benzedikleri modern insansı maymunların evrimi içinde bizler dışta kalan tuhaf adamız. Goriller uzak kuzenlerimizdir ve fakat şempanzelerle nispeten küçük beyin, kıllılık, setikleme yürüyüşü (knuckle walking) ve büyük sivri köpek dişleri gibi özellikler paylaşırlar. Goril ve şempanzeler ayrıca "dikdörtgen diş kemerine" sahiptirler: Üstten bakıldığında alt diş sırası, bir dikdörtgenin üç kenarı gibi görünür (bkz. Şekil 27). İnsanlar insansı maymunların temel planından farklılaşmış bir türdür. Özgün esnek başparmağa, çok az kıla, daha küçük ve az keskin köpek dişlerine ve dik bir yürüyüşe sahibiz. Diş kemerimiz dikdörtgen değil, alt dişlerimizi aynada incelediğinizde göreceğiniz gibi paraboliktir. En çarpıcı olan ise tüm insansı maymunlardan daha büyük bir beyne sahip oluşumuzdur. Bir erişkin şempanze beyni 450 cm^3 civarında bir hacime sahipken, modern insan beyni 1450 cm^3'tür. Şempanze, goril ve orangutanın benzerliklerini insanların farklılaşmış özellikleri ile karşılaştırdığımız zaman, ortak atamıza oranla bizlerin, günümüz insansı maymunlara göre daha fazla değiştiğimiz sonucuna varabiliriz.

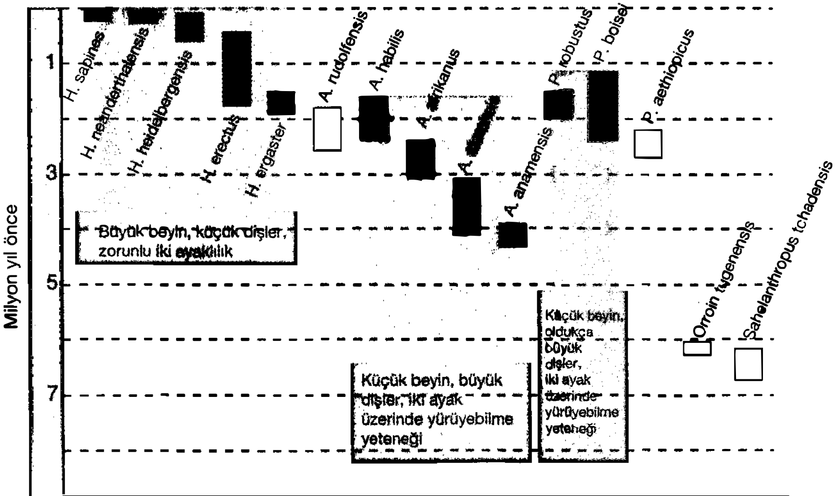
Öyle ise, 5 ila 7 milyon yıl önce şempanze, goril ve orangutanlarca paylaşılan özelliklere (bu özellikler ortak atalarında bulundukları için paylaşılırlar) ve aynı zamanda bazı insan özelliklerine de sahip fosil atalar bulmayı bekleriz. Fosiller günümüze doğru geldikçe, beyin haciminin oransal olarak arttığını, köpek dişlerinin küçüldüğünü, diş kemerinin daha az dikdörtgen ve daha çok kavisli hale geldiğini ve duruşumuzun daha dikleştiğini görmeliyiz. Bunlar tam da fosillerde gördüğümüz şeylerdir. Eksiksiz olmaktan uzak olmakla beraber, insan evriminin fosil kayıtları sahip olduğumuz evrimsel öngörüyü en iyi doğrulayanlardan biridir; özellikle de bu öngörü Darwin'in olduğu için haz vericidir.

Fakat önce yanlış yorumlamayı önletici açıklamada bulunalım. İnsan soyunun sıralı bir fosil kaydına sahip değiliz (ve olmayı beklemiyoruz). Bunu yerine birçok farklı türün iç içe geçmiş bir yumağını görüyoruz. Bunların birçoğu hiçbir ardıl bırakmadan ortadan kalktı. Sadece bir genetik soy hattı, zaman içinde modern insana dönüşene kadar yoluna sıralı olarak devam etti. Hangi fosil türlerin bu belli sırada ilerlediğinden ve hangilerinin evrimsel ölü son olduklarından emin değiliz. Kendi tarihi-

miz hakkında öğrendiğimiz en şaşırtıcı şey, ardıl bırakmaksızın yokolmuş birçok evrimsel kuzene sahip olduğumuzdur. Hatta en çok dört kadar insan benzeri türün Afrika'da aynı zamanda ve belki de aynı yerde yaşamış olmaları olasılık dâhilindedir. Bunların karşılaştıklarını hayal edin! Acaba birbirlerini öldürdüler mi? Ya da birbirleriyle eşleşmeye mi çalıştılar?

Atasal insan fosillerinin adlarını çok ciddiye almamak gerekir. Teoloji gibi paleoantropoloji de, araştırmacılarının çalışma objelerinin sayısını çok abarttıkları bir alandır. Verilen bir fosilin gerçekten yeni bir şey mi olduğu ya da sadece zaten ad verilmiş bir türün bir varyantı mı olduğu konusunda ateşli, bazen kırıcı tartışmalar vardır. Bilimsel adlar konusundaki bu tartışmalar çoğunlukla çok az anlamı taşır. İnsan benzeri bir fosilin bir tür ya da diğer tür olarak mı adlandırıldığı tartışması, bir dişin çapındaki 0,5 mm kadar küçük bir farklılık veya uyluk kemiğinin şeklindeki küçük bir farklılık üzerinde dönebilir. Bu kararı belli bir güven aralığında verebilmedeki problem, çok az sayıda fosilin varlığı ve oldukça geniş bir coğrafik alana dağılmış olmalarıdır. Yeni buluntular ve eski sonuçların düzeltimi devamlı olarak karşımıza çıkar. Burada akılımızda tutmak zorunda olduğumuz, açık biçimde insansı maymun benzerlerinden insan benzerlerine bir değişim gösteren özellikleriyle zaman içinde gözlenen genel eğilimdir.

Kemiklere gelelim. Antropologlar modern şempanzeleri oluşturan daldan ayrıldıktan sonra, kendi aile ağacımızın "insan" tarafında yer alan tüm türler için *hominin* terimini kullanırlar.[43] Homininlerin 20 tipi ayrı türler

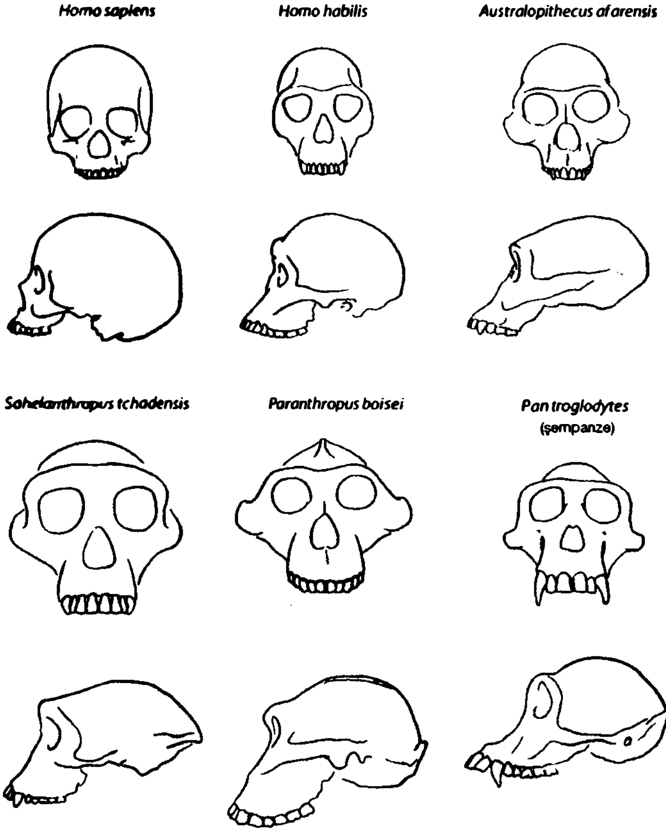


ŞEKİL 24. Onbeş hominin türünün fosil olarak görüldükleri dönem ile beyin, diş ve yürümelerinin doğası. Boş kutularla gösterilen fosiller çok küçük parçalardan oluştukları için yürüme ve beyin büyüklükleri konusunda bir sonuca ulaşmak mümkün değildir.

olarak adlandırılmıştır; bunlardan 15'i kabaca ortaya çıkış sıralarına göre Şekil 24'te gösterilmiştir.

Homininlerin birkaç temsilcisinin kafatasını karşılaştırma amacıyla modern şempanze ve insanınkiyle birlikte Şekil 25'te göstermekteyim.

Şüphesiz temel sorumuz insan evrim örüntüsünü nasıl belirleyeceğimizdir. Diğer insansı maymunlardan ayrıldıktan sonra, atalarımızı temsil eden en eski fosilleri ne zaman görmekteyiz? Hominin akrabalarımızdan hangileri yok oldu, hangileri doğrudan atalarımızdır? Bu atasal insanların özellikleri modern insanın özelliklerine nasıl dönüştü? Önce büyük beynimiz mi, yoksa dik duruşumuz mu evrimleşti? İnsanların Afrika'da evrimleşmeye *başladıklarını* biliyoruz, ancak evrimimizin hangi bölümü başka yerlerde gerçekleşti?



ŞEKİL 25. Modern insan (*Homo sapiens*), erken dönem homininler ve bir şempanzenin (*Pan troglodytes*) kafatasları.

Sınıflandırılması kesin olmayan bazı kemik parçaları dışında, yakın zamana kadar hominin fosil kayıtları 4 milyon yıldan daha eskiye gitmiyordu. Fakat 2002 yılında Michel Brunet ve meslektaşları Çad'ın Orta Afrika çöllerinden, Sahel olarak bilinen bölgeden, daha eski olası bir hominin olan, *Sahelanthropus tchadensis*'in hayret verici keşfini açıkladılar. Bu buluntu konusunda en şaşırtıcı şey tarihiydi: Tam da moleküler verinin bize soy hattımızın şempanzelerden ayrıldığını söylediği tarih olan 6 ila 7 milyon yıl öncesi. *Sahelanthropus* en eski insan atasını temsil edebilir veya yokolmuş bir yan kolu olabilir. Ancak karışmış özellikleri insan/şempanze ayrımında kesinlikle insan yönünde gibi gözükmektedir. Burada sahip olduğumuz neredeyse tam bir kafatasıdır (gerçi fosilleşme sırasında biraz ezilmiş olsa da). Fakat bu insan benzeri ve insansı maymun benzeri özelliklerin tuhaf bir karışımını gösteren *mozaik* bir kafatasıdır. İnsansı maymunlar gibi, küçük şempanze boyutunda beyni olan uzun bir beyin çantası vardır; fakat daha geç hominınler gibi yassı yüz, kaş kemeri ve küçük dişlere sahiptir (Şekil 25).

İskeletin geri kalanı kayıp olduğundan, *Sahelanthropus*'un kritik dik yürüme yeteneğine sahip olduğunu söyleyemiyoruz; fakat yürüyebildiğine ilişkin davetkâr bir işaret vardır. Goriller ve şempanzeler gibi setikleme yürüyüşü yapanlarda, hayvanın normal duruşu yataydır. Bu durumda omurilik kafatasına daha arkadan girer. Ancak dik yürüyen insanlarda kafatası doğrudan omuriliğin tepesine oturur. Bu farklılığı omuriliğin kafatasının içine girdiği deliğin (Latince "büyük delik" anlamında *foramen magnum*) konumundan anlayabilirsiniz. Bu delik insanlarda çok daha öne doğru kaymıştır. *Sahelanthropus*'ta bu delik setikleme-yürüyüşlü insansı maymunlara göre daha öne doğru kaymıştır. Bu durum gerçekten de farklılaşmanın insan yönüne doğru olduğunu göstermesi bakımından heyecan vericidir. İki ayak üzerinde yürümenin bizi diğer insansı maymunlardan ayıran ilk evrimsel yeniliklerden biri olduğunu önerir.[44]

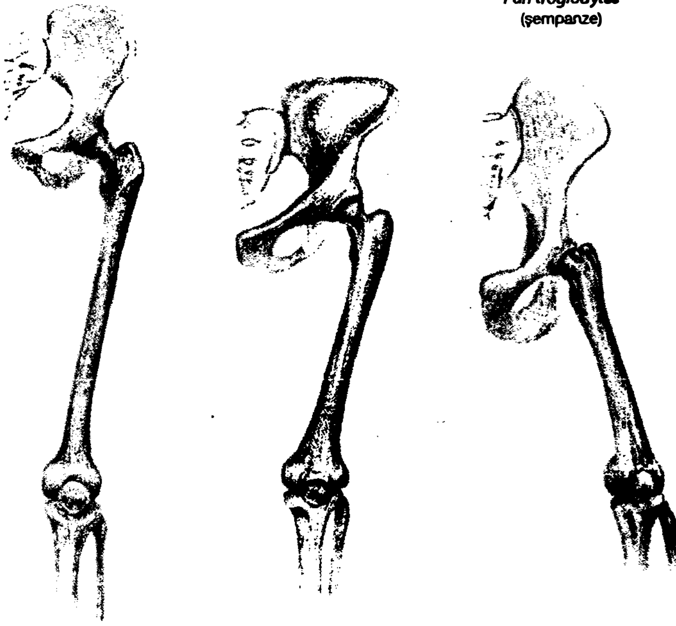
Sahelanthropus'tan sonra diğer bir tür olan *Orrorin tugenensis*'ten iki ayaklı oluşun kanıtı olarak yorumlanan tek bir bacak kemiğini de kapsayan 6 milyon yıl yaşında birkaç kemik parçası bulundu. Fakat daha sonra hominin fosillerin varlığında iki milyon yıllık bir boşluk görülür (*Ardipithecus* cinsine ait az sayıda fosil buluntu vardır, Ç.N.). Bu zaman dilimi bir gün ne zaman dik yürüdüğümüz konusunda kesin bilgiye sahip olacağımız dönemdir. Fakat yaklaşık dört milyon yıldan başlayarak fosiller yeniden görülürler ve bunlardan hominin ağacının filizlenmeye başlayan

kollarını görürüz. Gerçekten de, birkaç tür aynı dönemde yaşamış olabilirler. Bunlar arasında yine insan ve insansı maymun benzeri özelliklerin bir karışımını gösteren "ince yapılı" (zarif ve ince) australopitesinler vardır. İnsansı maymunlar yönünde, beyinleri kabaca şempanzeninki boyutunda ve kafatasları insandan çok insansı maymunlarınkine benzerdir. Fakat dişleri nispeten küçüktür ve diş dizilimi insansı maymunların dikdörtgen dizilimi ile insandaki parabolik damak arasında bir orta noktada bulunur. Ayrıca, kesin olarak iki ayaklıdırlar.

Australopithecus anamensis olarak birlikte gruplanan Kenya'dan bir erken dönem fosil serisi, fossilleşmiş tek bir bacak kemiğinden iki ayaklı oluşun davetkâr işaretlerini göstermektedir. Fakat kesin buluntu Etiyopya'nın Afar bölgesinde fosil arayan Amerikalı paleontolog Donald Johanson tarafından yapılmıştır. Johanson 1974 yılının 30 Kasım sabahı uyandığında kendini şanslı hissediyordu ve bunu arazi günlüğüne de not etti. Fakat ne kadar şanslı olabileceği konusunda aslında hiçbir fikri yoktu. Tüm öğleden önceyi kuru bir akarsu yatağında nafile aramalarla geçiren Johanson ve lisansüstü öğrencisi Tom Gray, tam vazgeçip kampa dönmek üzereler-di. Johanson'un gözüne aniden yerdeki bir hominid kemiği ilişti ve bir tane daha ve bir tane daha. İlginçtir ki, tesadüfen daha sonra resmi olarak AL288-1 olarak tanımlanan fakat kampta bu buluntuyu kutlamak için Beatles grubunun sürekli çalınan "Lucy in the Sky with Diamonds" parçasına atfen verilen ve daha yaygın şekilde "Lucy" olarak bilinen tek bir bireye ait kemikleri bulmuşlardı.

Lucy'nin yüzlerce parçası birleştirildiğinde, 3,2 milyon yıl yaşında *Australopithecus afarensis* olarak adlandırılan yeni bir türün dişi bir üyesi olduğu açığa çıktı. Yirmi ila 30 yaşlarında, yaklaşık 110 cm boyunda, en fazla 30 kg ağırlığındaydı ve muhtemelen artrit (eklem romatizması) hastasıydı. Ancak en önemlisi, iki ayak üzerinde yürümesiydi.

Bunu nasıl söyleyebiliyoruz? Femurun (uyluk) bir tarafta pelvise (leğen) ve diğer tarafta diz eklemine olan bağlantısından (Şekil 26). Bizim gibi iki ayak üzerinde yürüyen primatlarda, femurun açısı pelvisten birbirlerine doğrudur; böylece yürüme sırasında etkili bir baştan aşağı iki ayak üzerinde adım atmaya izin verecek şekilde, çekim merkezi bir noktada kalır. Setikleme yürüyüşlü insansı maymunların femurları parantez bacaklılığa yol açacak şekilde hafifçe eğimlidir. Dik yürümeye çalıştıkları zaman, Charlie Chaplin'in küçük adımları gibi, acemice badi badi yürürler.[45] Eğer bir primat fosili alır ve sonra femurun pelvisle nasıl bağlandığına bakarsanız, bu yaratığın iki ayak üzerinde mi yoksa dört ayak üzerinde mi



ŞEKİL 26. Modern insan, şempanze ve *Afarensis*'te uyluk (femur) kemiğinin (uzun bacak kemiği) leğen (pelvis) kemiğine bağlanması. *A. afarensis*'in leğen kemiğinin şekli diğer ikisinin arasındadır, ancak uyluğun içe dönük olması–dik yürümenin bir işareti–insanlardakine benzer ve setikleme-yürüyüşü yapan şempanzelerin dışa dönük uyluğunun zıttıdır.

yürüdüğünü söyleyebilirsiniz. Eğer femurların açısı ortaya doğru ise, iki ayaklıdırlar. Lucy'nin açısı, modern insanlardakiyle neredeyse aynı açıdır. Dik yürüyordu. Pelvisleri de modern şempanzelerden çok daha fazla modern insanlarınkine benzemektedir.

Mary Leakey liderliğindeki bir paleoantropolog ekibi *A. afarensis*'in iki ayaklı oluşunu Tanzanya'dan diğer bir olağanüstü bulgu ile doğruladılar: Ünlü "Laetoli ayak izleri". Andrew Hill ve ekibin diğer bir üyesi, 1976 yılında, molalarında düşkün oldukları favori bir arazi oyunu olan kurumuş fil pisliği topaklarını bir birlerine atarak eğleniyorlardı. Kuru dere yatağında cephane ararken Hill fosilleşmiş bir sıra ayak izine bastığını fark etti. Dikkatli bir kazıdan sonra, 25 m uzunluğundaki bir alanda bulunan bu ayak izlerinin, patlayan bir volkandan salınan kül kasırgası sırasında, açıkça iki ayak üzerinde yürüyen (setiklemenin hiçbir izi yoktu) iki hominin tarafından bırakıldığı ortaya çıktı. Bu kül fırtınasını, külü çimento gibi bir

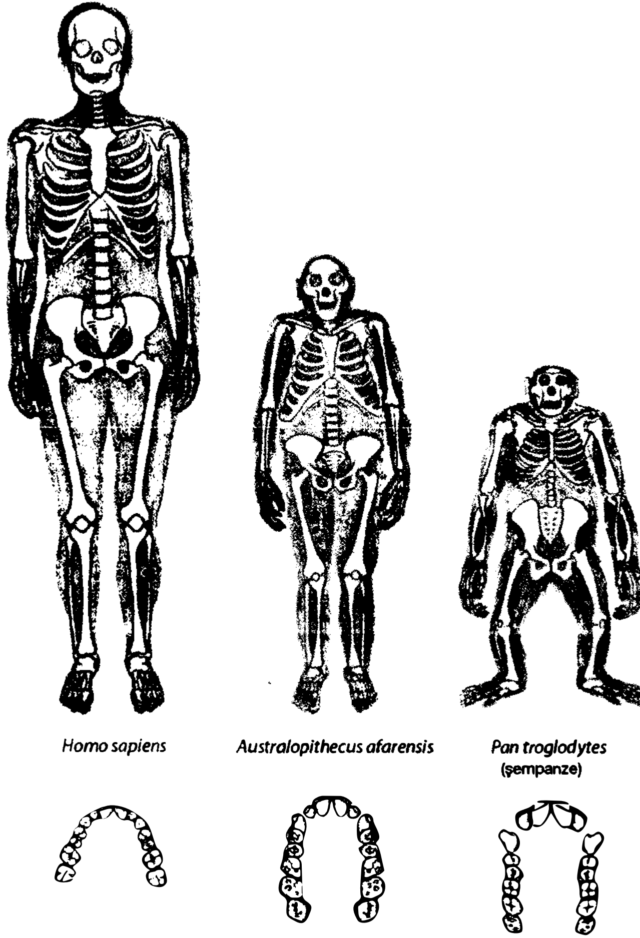
tabakaya dönüştüren bir yağmur izledi. Ardından bu tabaka başka bir kuru kül tabakası ile kaplanarak ayak izlerinin korunması sağlandı.

Laetoli ayak izleri modern insanın yumuşak bir zeminde yürümesi ile oluşan izlerle tamamen aynıdır. Bu ayaklar neredeyse kesin olarak Lucy'nin akrabalarınındı. Bu izler doğru boyutta olup *A. afarensis*'in tek hominin kayıt olduğu yaklaşık 3,6 milyon yıl öncesine aitlerdi. Burada sahip olduğumuz en nadir bulgulardan olan fosilleşmiş insan davranışıdır.[46] İzlerden biri diğerinden daha büyüktür ve muhtemelen bir erkek ve bir dişiye aittirler (diğer *afarensis* fosilleri de büyüklükte eşeysel iki-biçimlilik göstermektedir). Dişinin ayak izlerinden biri diğerinden daha derin gözükmektedir ve bu dişinin bir tarafında bebek taşımış olabileceğini göstermektedir. İzler volkanik patlama sırasında küçük, kıllı bir çiftin açık araziyi yürüyerek geçmesi görüntüsünü akla getirmektedir. Korkmuş ve el ele tutuşmuş olabilirler mi?

Diğer australopitesinler gibi Lucy şempanze boyutunda beyin çantalı oldukça insansı maymun benzeri bir başa sahipti. Kafatası da, yarı-parabolik diş kemeri ve küçülmüş köpek dişi gibi daha çok insan benzeri izler göstermektedir (Şekil 25 ve 27). Baş ile pelvis arasında insansı maymun ve insan benzeri özelliklerin bir karışımına sahipti. Kollar modern insanınkinden nispeten daha uzun fakat şempanzelerinkinden daha kısaydı ve parmak kemikleri insansı maymunlarda olduğu gibi bir şekilde kavisliydi. Bu *afarensis*'in en azından zamanının bir kısmını ağaçlarda geçirdiği teklifine yol açtı.

İnsanlar ile eski insansı maymunlar arasında Lucy'den daha iyi bir geçiş formu istenemez. Boyundan yukarısı insansı maymun benzeri, orta kısmı bir karışım ve belinden aşağısı neredeyse modern bir insandır. Bize evrimimiz konusunda önemli bir gerçeği söylemektedir: Dik duruşumuzun büyük beynimizden çok daha önce evrimleştiğini. Bu keşfedildiğinde, büyük beynin önce evrimleştiği geleneksel görüşüne zıttı ve doğal seçilimin modern insanı şekillendirmiş olduğu yol üzerinde yeniden düşünmemizi sağladı.

A. afarensis'ten sonra fosil kayıtlar yaklaşık iki milyon yıl önce sona eren ince yapılı australopitesin türlerinin muğlak bir karışımını göstermektedir. Kronolojik olarak bakıldığında, daha çok modern insan formu yönünde bir gelişim göstermektedirler: Diş kemeri daha parabolik hale gelmekte, beyin büyümekte ve iskelet insansı maymun benzeri özelliklerini yitirmektedir.



ŞEKİL 27. Modern insan *Homo sapiens, Australopithecus afarensis*'te ("Lucy") ve bir şenpanzenin iskeletleri ve diş kemerleri. Şempanzeler insan soy hattının ataları olmadıklarından, muhtemelen ortak ataya insanın benzediğinden daha fazla benzerler. Birçok açıdan *A. afarensis* insansı maymun benzeri ve insan morfolojisi arasında bir geçişi ifade eder.

Australopithecus cinsine konulan fosiller ile daha modern olan *Homo* cinsine konulanlar arasındaki sınır hattını belirleyen 2 milyon yıl öncesine gelindiğinde, işler daha da karmaşık hale gelmektedir. Ancak bu adlardaki değişimin, o anda bir şey olduğu, yani "gerçek insanların" aniden evrimleştiği anlamına geldiğini düşünmemeliyiz. Bir fosilin bir adla veya diğer bir adla çağırılması daha büyük bir beyin (*Homo*) ya da daha küçük bir beyne

(*Australopithecus*) sahip olmasına bağlı olup, bir şekilde keyfi olan bu sınır genellikle 600 santimetre küptür. *H. rudolfensis* gibi bazı australopitesin fosilleri beyin hacmi bakımından öyle arada görünmektedirler ki, bilim insanları bunları *Homo* olarak mı yoksa *Australopithecus* olarak mı adlandırmak gerektiği konusunda çok hararetli tartışmalar yürütmektedirler. Bu adlandırma sorunu tek bir tür içerisinde bile dikkate değer beyin büyüklüğü varyasyonu gördüğümüz gerçeği ile ele alınabilir (Örneğin modern insanlarda çok geniş bir aralıkta dağılım gösterir: 1000 ila 2000 santimetre küp, bu arada zekâ ile bir paralellik göstermez). Fakat bu anlamsal zorluklar bizi geç australopitesinlerin zaten iki ayaklı oldukları, modern insanın işareti olan dişler, kafatası ve beyinde değişimler göstermeye başladıklarını anlamaktan alı koymamalıdır. Modern insanı ortaya çıkaran soy hattının en azından bu türlerden birini içermesi oldukça büyük olasılıktır.

İnsanın evrimindeki diğer bir büyük sıçrama alet yapma ve kullanma becerisidir. Şempanzeler termitleri yuvalarından çıkarmak için çubuk gibi basit aletler kullanmakla beraber, daha karmaşık alet kullanımı muhtemelen daha esnek başparmaklar ve elleri serbest kılan dik bir duruş gerektiriyordu. Açık biçimde ilk alet kullanan insan kalıntıları ilk kez 2,5 milyon yıl önce görülen *Homo habilis*'tir (şekil 25). *H. habilis* "becerikli adam" anlamına gelir ve fosilleri doğramak, sıyırmak ve kesmek için kullanılan yonga taş aletlerin birçok çeşidi ile ilişkilendirilir. Bu türün *H. sapiens*'in doğrudan atası olduğundan emin değiliz, fakat *habilis* küçülmüş arka dişler ve autralopitesinlerden daha büyük bir beyini de kapsayan, daha çok insan benzeri özellikler yönünde değişimler gösterir. Bir fosil beyin mulajı konuşma ve kavrama ile ilişkili beynin sol lobunun parçaları olan Broca ve Wernike alanlarına karşılık gelen belirgin şişkinlikler sergilemektedir. Bu yumrular halen kesin olmaktan uzak olmakla birlikte, *habilis*'in konuşma dili olan ilk tür olabileceği olasılığını arttırmaktadır.

H. habilis'in mekânda değilse de zamanda, diğer tüm hominin ev sahipleri ile birlikte bulunduğunu biliyoruz. En bilinenleri Doğu Afrika "kaba yapılı" (ince yapılılara zıt olarak) homininlerdir. En azından bunlardan üçü, *Paranthropus* (veya *Australopithecus*) *boisei* (şekil 25), *P. robustus* ve *P. aethiopicus*, büyük kafatasılı, güçlü çiğneme dişlerli (bazı büyük azı dişleri neredeyse 2,5 cm), sağlam kemikli ve nispeten küçük beyinlilerdi. Ayrıca tepelerinde bir çıkıntı taşıyorlardı: Büyük çiğneme kaslarına dayanak oluşturan kafatasının tepesinde kemik bir sırt. Böylesi kaba yapılı türler muhtemelen kök, kabuklu yemiş ve yumru gibi sert besinlerle beslen-

mekteydiler (Louis Leakey tarafından keşfedilen *P. boisei*'ye "Fındıkkıran adam" lakabı takılmıştır). Her üç tür hiçbir ardıl bırakmadan 1,1 milyon yıl kadar önce ortadan kalkmıştır.

Fakat her ne kadar her biri dikkate değer varyasyon sergilemekte ve ilişkileri tartışmalı olsa da, *H. habilis* üç *Homo* türü ile birlikte de yaşamış olabilir: *H. ergaster, H. rudolfensis* ve *H. erectus.* Afrika dışına çıkan ilk adam olma ayrıcalığı *H. erectus* ("dik duruşlu adam")'a aittir. Kalıntıları Çin ("Pekin Adamı"), Endonezya ("Java Adamı"), Orta Doğu ve Avrupa'da bulunmuştur. Öyle görünüyor ki *erectus*'un Afrika populasyonları genişledikçe yaşamak için yeni yerler aramıştır.

Bu diaspora zamanına gelindiğinde *erectus*'un beyin hacmi neredeyse modern insanınkine eşitti. İskeleti de neredeyse bizimkiyle aynıydı, fakat halen yassı, belirgin çene ucuna sahip bir yüzü vardı (belirgin çene ucu modern *H. sapiens*'in bir damgasıdır). Aletleri, özellikle de girift yontulu karmaşık taş balta ve kıyıcılar yapan geç *erectus*'unkiler karmaşıktı. Bu tür ayrıca insanın kültürel tarihinde en önemli olaylardan birinden sorumlu görülmektedir: Ateşin kontrolü. Bilim insanları Güney Afrika Swartkrans'ta bir mağarada *erectus* kalıntıların, bir yüzey yangınının oluşturamayacağı kadar yüksek sıcaklıklara maruz kalmış, yanmış kemiklerle birlikte buldular. Bunlar bir kamp ateşi veya ocakta pişirilmiş hayvan kalıntıları olabilir.

H. erectus sadece populasyon büyüklüğü değil yaşam süresi bakımından da başarılı bir türdü. Yaklaşık bir buçuk milyon kıl kadar etraftaydı ve fosil kayıtlardan yaklaşık 60 bin yıl önce kayboldu. Ancak iki ünlü ardıl bırakmış olabilir: Sırasıyla "arkaik *H. sapiens*" ve ünlü "Neandertal adamı" olarak bilinen *H. heidelbergensis* ve *H. neanderthalensis.* Her ikisi de bazen *H. sapiens*'in alt-türleri (farklılaşmış fakat birbirleriyle üreyebilen populasyonlar) olarak sınıflandırılırlar, ancak modern insanın gen havuzuna herhangi birisinin katkısı olduğu konusunda hiçbir fikrimiz yoktur (Ç.N. son yıllarda bazı çalışmalar Neandertallerin katkısının olduğuna işaret etmektedir).

Bugün Almanya, Yunanistan ve Fransa olarak bilinen bölgelerde ve aynı zamanda Afrika'da, *H. heidelbergensis* ilk kez yarım milyon yıl önce modern insan ve *H. erectus* özelliklerinin bir karışımını gösteren şekilde ortaya çıktı. Neandertaller daha geç (230 bin yıl önce) ortaya çıktılar ve tüm Orta Doğu ile Avrupa boyunca yaşadılar. Modern insanınkinden bile daha büyükbeyinleri vardı ve mükemmel alet yapıcılar ve aynı zamanda usta avcılardı. Bazı iskeletlerinde turuncu boya izleri taşırlar ve hayvan kemikleri,

taş aletler gibi "mezar eşyaları" ile birlikte bulunurlar. Bu bulgu Neandertallerin ölülerini törenle gömdüklerini önermektedir ve muhtemelen insan dininin ilk işaretleridir.

Fakat yaklaşık 28 bin yıl önce Neandertal fosilleri kaybolur. Öğrenciliğimde bunların düpedüz modern insana evrimleştiklerini düşünmüştüm. Bu düşüncem şimdi yanlış görünmektedir. Bunlara gerçekte ne olduğu büyük olasılıkla insanın evrimi konusundaki en büyük bilinmezdir. Ortadan kalkışları, Afrika kökenli diğer bir formun yayılışı ile ilişkili olabilir: *Homo sapines.* Daha önce öğrendiğimiz gibi, *H. erecetus* yaklaşık 1,5 milyon yıl önce Afrika'dan Endonezya'ya tüm yolu kat ederek yayılmıştı. Bu tür içerisinde farklı "ırklar", yani bazı özellikleri bakımından farklılıklar gösteren populsayonlar (örneğin Çin'deki *H. erectus* diğer populasyonlarda gözlenmeyen kürek şekilli kesici dişlere sahipti) vardı. Daha sonra yaklaşık 60 bin yıl önce, her bir *H. erectus* populasyonu aniden kayboldu ve bunların yerini günümüzde yaşayan insanla iskeletleri neredeyse aynı olan "anatomik açıdan modern" *H. sapiens* fosilleri almaya başladı. Neandertaller biraz daha uzun kaldılar, fakat Cebelitarık Boğazına bakan mağaralarda son tabyaları bulunduktan sonra, bunlarda yerlerini modern *H. sapiens*'e bıraktılar. Diğer bir deyişle, *Homo sapiens* açıkça dünya üzerindeki tüm homininleri süpürdü.

Peki, ne olmuştu? İki hipotez vardır. Birincisi *evrimsel* bir yerine geçmeyi öneren "çok-merkezli" evrim modelidir: *H. erectus* (ve belki *H. neanderthalensis*) muhtemelen doğal seçilim bütün Asya, Avrupa ve Afrika boyunca aynı şekilde çalıştığından, kolayca *birkaç alanda bağımsız olarak H. sapiens*'e evrimleşti.

İkinci düşünce "Afrika'dan çıkış" hipotezi olarak adlandırılır;[47] modern *H. sapiens*'in Afrika'da ortaya çıktığını ve yayılarak *fiziksel olarak H. erectus* ve Neandertallerin, muhtemelen besin için rekabet veya öldürmek yoluyla, yerini aldıklarını önerir.

Genetik ve fosil kanıtlar "Afrika'dan çıkış" hipotezini desteklemektedir ancak tartışma devam etmektedir. Neden? Muhtemelen ırkın önemini azaltmasından dolayı: İnsan populasyonları ne kadar uzun süre önce ayrılmış olurlarsa, o kadar fazla genetik farklılık biriktirmiş olacaklardır. Populasyonların bir milyon yıldan daha önce ayrıldıklarını savunan çok-merkezli modeli, insan atalarımızın 60 bin yıl önce Afrika'dan çıktıkları hipotezine göre ırklar arasında 15 kat daha fazla genetik farklılaşma öngörecektir. Irklar hakkında daha fazlasını sonraya bırakalım.

Erken dönem homininlerin bir populasyonu *H. erectus*'un dünya çapındaki yok oluşundan sağ çıkmış olabilir ve muhtemelen insan aile ağacının en tuhaf filizidir. Endonezya Flores adasında 2003 yılında keşfedilen *Homo floresiensis* bireylerine hemen "hobbit" adı takıldı. Çünkü yetişkin boyları nadiren 1 metre ve ağırlıkları sadece 23 kg, yani kabaca 5 yaşındaki bir çocuk ölçüleri kadardı. Beyinleri de oransal olarak küçük ve yaklaşık australopitesinlerinki kadardı. Fakat diş ve iskelet yapıları tartışmasız *Homo* idi. Taş aletler kullanmışlardı ve adada bulunan cüce fil ve Komodor ejderini avlamış olmalıydılar. İlginç şekilde, *floresiensis* fosilleri 18 bin yıl önceye tarihleniyordu. Bu tarih Neandertallerin ortadan kalkmasından çok sonrasına ve modern *H. sapiens*'in ise Avusturalya'ya ulaşmasından 25 bin yıl sonrasına denk gelmektedir. En iyi tahminle, *floresiensis* Flores Adası'nı işgal eden *H. erectus*'un yalıtılmış bir populasyonunu temsil etmektedir ve bir biçimde *H. sapiens* yayılışı sırasında buraya uğranmamıştır. *H. floresiensis* muhtemelen evrimsel bir ölü son olmakla beraber, minyatür okları ile cüce filleri avlayan minik insanların yakın zaman bir populasyonu düşüncesinin büyüsüne kapılmamak zordur ve hobbitler geniş ilgi odağı olmuştur.

Fakat *floresiensis* fosillerinin doğası tartışmalıdır. Bazı araştırmacılar tek bir iyi korunmuş kafatasının modern *H. sapiens*'in hastalıklı bir bireyine ait olabileceğini ileri sürmektedir. Muhtemelen aşırı derecede küçük kafatası ve beyin oluşturma durumu olan hipotroid kretinizm hastalığına sahip bir birey olabilir. Son zamanlarda bel kemiklerinin analizi *H. floresiensis*'in gerçek bir hominin türü olduğunu desteklemesine karşın, tartışma devam etmektedir.

Tüm bu kemiklerin sırasına bakıldığında, elimizde ne vardır? Açıkça, insanın insansı maymun benzeri atalardan evrimleştiğine ilişkin tartışmasız kanıtlar. Lakin henüz bir insansı maymun benzerinden erken homininler ve buradan modern *H. sapiens*'e kesintisiz bir soy hattının izini süremiyoruz. Fosiller zaman ve mekânda dağınıktır ve bir noktalar dizisi henüz soy bakımından ilişkilendirilmemiştir. Bunları birleştirecek fosillere hiçbir zaman sahip olmayabiliriz. Fakat eğer bu noktaları Şekil 24'teki gibi kronolojik bir sıraya koyarsanız, tam da Darwin'in öngördüğü şeyi görürsünüz. Fosiller insansı maymun benzerleriyle başlar ve zaman içinde giderek daha çok modern insana benzerler. Şempanze atasından ayrılmamızın yaklaşık 7 milyon yıl önce Doğu veya Orta Afrika'da gerçekleştiği ve iki ayak üzerinde yürümenin büyük beynin evriminden çok önce evrimleştiği

bir gerçektir. Hominin evrim periyodunun çoğu boyunca birkaç türün aynı zamanda ve bazen de aynı yerde bulunduklarını biliyoruz. İnsanların küçük populasyon büyüklükleri ve fosilleşme olasılıklarının düşüklüğü (bunun için genellikle bir bedenin suya ulaşması ve üzerinin hızlıca çökellerle kaplanması gerektiğini hatırlayınız) düşünüldüğünde, şimdi sahip olduğumuz kadar fosil kayıda sahip olmak bile şaşırtıcıdır. Sahip olduğumuz fosilleri gözden geçirdikten veya şekil 25'e baktıktan sonra insanların evrimleştiğini kabul etmemek imkânsız görünmektedir.

Fakat bazıları yine de kabul etmemektedir. İnsan fosilleri ile uğraşıldığı zaman yaradılışçılar açık olanı kabul etmekten kaçınmak için, gerçekte neredeyse gülünç şekilde aşırı çarpıtmalara başvururlar. Aslında, konudan uzak durmayı tercih ederler. Fakat yüzleşmek zorunda kaldıklarında, hominin fosillerini basitçe düşündükleri şekilde insanlar ve insansı maymunlar olarak iki farklı gruba ayırırlar ve bu grupların geniş ve kapatılamaz bir aralıkla bölündüğünü ileri sürerler. Bu bazı türler diğerlerinden evrimleşseler bile, insanın evrimleşmediği ve özel yaratılma etkinliğinin bir objesi olduğu din temelli görüşün yansımasıdır. Fakat tüm bu budalalık yaradılışçıların hangi fosillerin "insan" hangilerinin ise "insansı maymun" oldukları konusunda tam olarak fikir birliği olmaması gerçeğinde dışa vurmaktadır. Örneğin, *H. habilis* ve *H. erectus* örnekleri bazı yaradılışçılar tarafından "insansı maymun" diğerleri tarafından ise "insan" olarak sınıflandırılmaktadır. Hatta bir yazar *H. erectus* örneğini bir kitabında insansı maymun olarak tanımlarken diğer bir kitabında insan olarak tanımlamaktadır![48] Hiçbir şey bu fosillerin geçiş formları olduklarını, yaradılışçıların bu tutarlı olarak sınıflandırma yetersizliklerinden daha iyi göstermez.

Peki, insanı evrime iten nedir? Evrimsel değişimi belgelemek her zaman arkasındaki güçleri anlamaktan daha kolaydır. İnsan fosil kayıtlarında gördüğünüz şey, her ikisi de anatomide koordineli değişimler gerektiren dik duruş ve yeniden şekillenmiş kafatası gibi uyarlanmaların ortaya çıkışıdır. Öyle ise doğal seçilimin işe karıştığı konusunda hiçbir kuşku yoktur. Fakat ne çeşit bir seçilim olmuştur? Daha büyük bir beyin, dik duruş ve daha küçük dişlerin tam olarak üremede avantajı nedir? Muhtemelen hiçbir zaman kesin olarak bilmeyeceğiz; ama az ya da çok makul tahminlerde bulunabiliriz. Diğer yandan bu tahminleri insanların evrimleştikleri çevre hakkında bir şeyler öğrenerek bilgi temelli yapabiliriz. On ile üç milyon yıl öncesi arasında, Doğu ve Orta Afrika'da gözlenen en belirgin çevresel değişim kuraklaşmadır. Hominin evriminin bu kritik süresi boyunca iklim

giderek kuraklaştı ve bunu bir birini izleyen ve düzensiz kurak ve yağışlı dönemler takip etti (Bu bilgi polenler ve Afrika tozunun okyanuslara taşınması ve çökellerde korunmasından gelmektedir). Kurak dönemler boyunca yağmur ormanları savana, çayırlık, açık orman ve hatta çalılık çölleri kapsayan daha açık habitatlara yol verdi. Bu ilk insan evrimi eyleminin geliştiği evredir.

Birçok biyolog iklim ve çevredeki bu değişimin ilk önemli hominin özelliğinin evrimi ile ilişkili olduğunu düşünmektedirler: İki ayaklılık. Klasik açıklama iki ayak üzerinde yürümenin, yeni açık habitatlarda bir orman parçasından diğerine geçerken, insanların daha etkin bir şekilde seyahat etmelerine izin vermesidir. Fakat setikleme yürüyüşü ile iki ayak üzerinde yürüme çalışmaları, hareketin bu formları arasında enerji miktarı kullanımı bakımından önemli bir farklılık olmadığını göstermiştir. Yine de dik yürümenin neden seçilim avantajına sahip olduğu konusunda diğer bir dizi neden vardır. Örneğin et ve kökleri (bu ayrıca daha küçük dişlerimizi ve artmış el becerişimizi de açıklayabilir) içeren yeni mevcut besinleri toplamak ve taşımak için eller serbest kalmış olabilir. Dik yürüyüş vücudumuzun yerden yükseltmek ve güneşe maruz kalan yüzey alanı azaltmak yoluyla yüksek sıcaklık ile başa çıkmada yardımcı olabilir. Biz diğer tüm insansı maymunlara göre çok daha fazla ter bezine sahibiz ve kıl terin buharlaşması ile soğumayı etkilediğinden, bu durum biricik "çıplak maymun" olma statümüzü de açıklayabilir. Erken homininlerin vakitlerinin çoğunu suda besin aramak için geçirdikleri ve dik duruşun kafamızı su dışında tutmak için evrimleştiğini savunan olanaksız "sucul insansı maymunlar" hipotezi bile vardır. Jonathan Kingdon'un iki ayaklılık üzerine kitabı, *Düşük Köken* (*Lowly Origin*)'de daha da fazla hipotez vardır. Şüphesiz bu evrimsel güçler bütünüyle birbirlerinden bağımsız değildir, birkaçı birlikte çalışmış olabilirler. Ne yazık ki henüz aralarında ayrım yapamamaktayız.

Aynı durum beyin büyüklüğünün evrimi için de geçerlidir. Klasik uyumsal hikâye bir kez ellerimiz, iki ayak üzerinde yürümenin evrimi ile serbest kaldığında, homininlerin alet yapma yeteneği kazanmış olmasıdır. Bu düşünme ve daha karmaşık aletler yapmamıza izin veren daha büyük beynin seçilimine yol açtı. Bu hipotez ilk aletin görülmesi ile beynin büyümeye başlaması zamanlarının çakışması avantajına sahiptir. Fakat dilin gelişimi, ilkel toplumun karmaşık psikolojik müzakerelerini, gelecek için planlamalarını ve benzeri daha büyük ve karmaşık beyni tetikleyen diğer seçilim baskılarını göz önünde tutmaz.

Yine de nasıl evrimleştiğimiz konusundaki bu gizemler bizde gerçekten de evrimleştiğimiz tartışmasız gerçekliği konusunda kafa karışıklığı yaratmamalıdır. Fosiller olmaksızın bile, insanın evrimi konusunda karşılaştırmalı anatomi, embriyoloji, körelmiş organlarımız ve hatta biyocoğrafyadan kanıtlara sahibiz. Hepsi kökenimize tanıklık eden balık benzeri embriyomuz, ölü genlerimiz, gelişim sırasındaki fetüs kıl kürkümüz ve yetersiz tasarımımızı öğrendik. Fosil kayıtlar gerçekte bu kekin üzerindeki kremadır.

Genetik Mirasımız

SEÇİLİMİN BİZİ NEDEN DİĞER İNSANSI maymunlardan farklılaştırdığını henüz anlamasak da, en azından ne kadar ve ne çeşit *genlerin* bizi farklılaştırdığını ortaya koyabilir miyiz? "İnsanlık" genleri birçok laboratuvarın araştırmaya giriştiği evrimsel biyolojinin neredeyse Kutsal Kâsesi haline gelmiştir. Bunları bulmak için ilk girişim 1975'te California Üniversitesi'nden Allan Wilson ve Mary-Claire King tarafından yapılmıştır. Sonuçları şaşırtıcıydı. İnsan ve şempanzelerden alınan protein dizilerine bakıldığında, ortalama olarak yaklaşık % 1'lik bir fark buldular (yakın zaman çalışmaları bu oranı fazla değiştirmedi: Fark yaklaşık % 1,5'e çıktı). King ve Wilson bizimle en yakın akrabalarımız arasında dikkate değer bir genetik benzerlik olduğu sonucuna vardılar. İnsanlar ile şempanzeler arasındaki çarpıcı evrimsel farklılığın muhtemelen sadece birkaç gendeki değişmeden kaynaklandığını farz ettiler. Bu sonuç "insanlığın" sadece bir elin parmağı kadar anahtar mutasyona bağlı oluşuna işaret etmesi nedeniyle hem popüler hem de bilimsel basında çok büyük ilgi topladı.

Fakat yeni çalışmalar evrimsel kuzenlerimize genetik benzerliğimizin düşündüğümüz kadar yakın olmadığını göstermektedir. Şunu değerlendirelim. Protein dizilerindeki % 1,5'lik fark, insan ile şempanzenin aynı proteinini (diyelim ki hemoglobin) yan yana koyduğumuzda, ortalama her 100 aminoasitten birinde fark göreceğimiz anlamına gelmektedir. Ancak proteinler tipik olarak *birkaç yüz* aminoasitten meydana gelirler. Bu durumda 300 aminoasit uzunluğundaki bir proteinde % 1,5'lik farklılık, toplam protein dizisinde en az dört aminoasit farklılığı demektir (Bir analoji kullanırsak, bu sayfadaki harflerin sadece % 1'ini değiştirirsek, cümlelerin % 1'inden fazlasını değiştirmiş oluruz). Kendimiz ile şempanzeler

arasında bu sık alıntılanan % 1,5'lik farklılık, bu durumda gerçekten de göründüğünden fazladır. Proteinlerimizin % 1,5'inden çok daha fazlası en az bir aminoasit bakımından şempanze dizisinden farklı olacaktır. Proteinler vücudumuzu yapımı ve devamlılığı için temel olduklarından, tek bir değişim ciddi etkilere sahip olabilir.

Şimdi sonunda insan ve şempanze genomlarının her ikisi de dizilenmiş olduğundan, her iki tür tarafından paylaşılan tüm proteinlerin % 80'inden fazlasının en az bir aminoasit bakımından farklı olduğunu doğrudan görebilmekteyiz. Genomumuz yaklaşık 25 bin protein üreten gene sahip olduğundan, bu 20 binden fazla proteininin dizisinde bir fark olduğu anlamına gelir. Bu önemsiz bir farklılık değildir. Açık biçimde, bizi biçimde farklılaştıran birkaç genden daha fazlasıdır. Moleküler evrimciler yakın zamanda, insan ve şempanzelerin sadece genlerinin *dizisinde* değil, genlerin *bulunuşunda* da farklı olduklarını buldular. İnsanda bulunan genlerin % 6'sından fazlası açıkça şempanzelerde *hiçbir formda* bulunmamaktadır. Bin dört yüzden fazla insanda ifade edilen fakat şempanzede edilmeyen yeni gen vardır. Ayrıca, paylaştığımız genlerin birçoğunun *kopya sayısında* da şempanzelerden farklılık gösteririz. Örneğin, tükürük enzimi amilaz nişastayı sindirilebilir şekere yıkmak için ağızda çalışır. Şempanzeler bu enzimin tek bir gen kopyasına sahipken, ortalama 6 kopya olmak üzere insan bireylerinde kopya sayısı 2 ila 16 arasında değişir. Bu farklılık muhtemelen, meyve-yiyen insansı maymunlara göre atasal insan diyetinin büyük olasılıkla nişasta bakımından çok daha zengin olmasına bağlı olarak, besinlerimizi sindirmemize yardımcı olan doğal seçilimin sonucudur.

Bunları bir araya getirdiğimizde, kendimiz ile şempanzeler arasındaki genetik farklılaşmanın birkaç formdan geldiğini görmekteyiz. Sadece genlerce üretilen proteinlerdeki değişimler değil, fakat ayrıca genlerin varlığı veya yokluğu, gen kopya sayıları ve genlerin gelişim sırasında nerede ve ne zaman ifade edildikleri. Artık "insanlığın" bir tip mutasyon ya da birkaç anahtar gendeki değişim üzerine oturduğunu söyleyemeyiz. Fakat bu bizi en yakın akrabalarımızdan ayıran birçok özelliği düşündüğümüzde, gerçekten de şaşırtıcı değildir. Farklılık sadece anatomide değil, aynı zamanda fizyoloji (en fazla terleyen ve dişisi gizli yumurtalayan tek insansı maymunuz),[49] davranış (insanlar çift oluştururlar, diğer insansı maymunlar oluşturmaz), dil, beyin büyüklüğü ve yapısındadır (beynimizde sinir hücrelerinin birbirleriyle nasıl bağlandıklarına ilişkin şüphesiz birçok fark-

lılık olmak zorundadır). Öyle ise, primat kuzenlerimizle genel benzerliklerimize rağmen, insanın insansı maymun benzeri bir atadan evrimleşmesi muhtemelen önemli genetik değişimler gerektirmiştir.

Bizi insan yapan özgün genler konusunda herhangi bir şey söyleyebilir miyiz? Şu anda pek fazla değil. İnsan ve şempanzenin tüm DNA genomlarını karşılaştıran genom "taramaları" uygulandığında, ayrılmamızın insan kolunda hızlı evrimleşen gen *sınıfları* saptayabilmekteyiz. Bunların bağışıklık sistemi, gamet yapımı, hücre ölümü ve en ilginci de duyu alımı ve sinir yapımı ile ilişkili oldukları saptanmıştır. Fakat tek bir geni hedef almak ve bu gendeki bir mutasyonun gerçekten de insan/şempanze farklılığını ürettiğini göstermek bütünüyle farklı bir konudur. İnsanda konuşmanın ortaya çıkışı ile ilişkili olduğu düşünülen bir geni de (*FOXP2*) kapsayan böylesi "aday" genler vardır[50] ancak kanıtlar ikna edici değildir. Belki de hep böyle kalacaktır. İnsan/şempanze farklılığına neden olduğu düşünülen bir gen için kanıtların inandırıcı olabilmesi, genin bir türden diğerine aktarılması ve nasıl bir fark oluşturduğunu görmeyi gerektirir. Ancak bu hiç kimsenin girişmek isteyeceği bir deney türü değildir.[51]

Çetrefilli Irk Sorunu

YERKÜRE ÜZERİNDE SEYAHAT ETTİĞİMİZDE, farklı yerlerdeki insanların farklı göründüklerini hemen görürüz. Örneğin hiç kimse bir Japonu bir Finli ile karıştırmaz. Görünüşte farklı insan tiplerinin bulunuşu açıktır; ancak insan biyolojisinde ırk sorunundan daha büyük bir mayın tarlası yoktur. Çoğu biyolog bundan ellerinden geldiğince uzak durur. Bilim tarihine bir bakış, bize bunun neden böyle olduğunu söyler. Moden biyolojinin başlangıcından bu yana, ırksal sınıflandırma ile ırksal önyargı el ele yürümüştür. Carl Linnaeus, 18. yüzyıl hayvan sınıflandırmasında, Avrupalıların "yasalarla yönetildiğini", Asyalıların "fikirlerle yönetildiğini" ve Afrikalıların "kaprislerle yönetildiğini" kaydetmiştir. Stephan Jay Gould muhteşem kitabı *İnsanın Yanlış Ölçümü (The Mismeasure of Man)* kitabında, biyologlar ve ırk arasında son yüz yıldaki berbat bağlantıyı belgelendirir.

Irkçılığın bu tatsız dönemine cevap olarak bazı bilim insanları, insan ırklarının biyolojik gerçekliğinin bulunmadığı ve bilimsel çalışma değeri olmayan tamamen sosyo-politik "yapılar" olduğunu ileri sürecek şekilde aşırı tepki verdiler. Fakat biyologlar için ırk, uzun zamanadır insanlara uygulanmayan, ancak daima bütünüyle saygın bir terim olmuştur. Irklar

("alt-tür" veya "ekotip" olarak da adlandırılırlar) basitçe bir türün hem coğrafik olarak ayrılmış, hem de bir veya daha fazla özelliği açısından genetik olarak farklı populasyonlardır. Çok sayıda bitki ve hayvan ırkı vardır. Sadece kürk rengi farklılığı gösteren fare populasyonları, büyüklük ve ötüşleri farklı serçe populasyonları ve yaprak şekilleri bakımından farklı olan bitki ırkları gibi. Bu tanımı uyguladığımızda *Homo sapiens* açık biçimde ırklara *sahiptir.* Bu gerçeklik diğer evrimleşen türlerden farklı olmadığımızın sadece diğer bir göstergesidir.

İnsanın farklı ırklarının bulunuşu, populasyonlarımızın bazı genetik farklılaşmaların açığa çıkışına izin verecek kadar uzun süre coğrafik olarak ayrı kaldığını gösterir. Fakat ne kadar farklılaşma olmuştur ve bu fark Afrika'dan yayılış konusunda fosillerin işaret ettiği ile uyumlu mudur? Hangi çeşit seçilim bu farklılığa yol açmıştır?

Evrimden bekleyebileceğimiz gibi insan, fiziksel çeşitlilikleri birbiri içine yuvalanmış gruplar şeklindedir ve bazıları tarafından ırkların formal ayrımını yapmak için gösterilen cesur çabaya rağmen, belli bir türü ayırmada sınırların tam olarak nereden çizileceği bütünüyle keyfidir. Kesin sınırlar yoktur. Antropologlar tarafından tanımlanan ırk sayısı 3 ile 30 arasında değişmektedir. Genlere bakıldığında, ırklar arasında kesin farklılıkların olmadığı daha da açık hale gelir. Modern moleküler tekniklerle ortaya konulan neredeyse bütün genetik varyasyon, ırkları belirlemek için yaygın biçimde kullanılmış olan deri rengi ve saç tipi gibi fiziksel özelliklerin klasik bir bileşkesi ile sadece zayıf biçimde ilişki göstermektedir.

Son 30 yıl içinde biriken doğudan genetik kanıtlar, insandaki tüm genetik varyasyonun sadece % 10 ila 15'nin fiziksel görünüşlerindeki farklılıklarla tanınan "ırklar" *arasındaki* fark olarak temsil edildiğini göstermektedir. Geri kalan % 85 ila 90'lık genetik varyasyon ırkların *bireyleri arasında* ortaya çıkar.

Bu taşıdıkları gen (alel) formları açısından ırkların hep ya da hiç farklılığı göstermedikleri anlamına gelir. Bunun yerine, genellikle aynı alellere, fakat farklı sıklıklarda sahiptirler. Örneğin, ABO kan gen grubu üç alele sahiptir: A, B ve O. Neredeyse bütün insan populasyonlarında bu üç form vardır. Ancak farklı gruplarda farklı sıklıklarda bulunurlar. Örneğin O aleli Japonlarda % 54, Finlilerde % 64, Güney Afrika !Kung'larında % 74 ve Navajo'larda % 85 sıklığında bulunur. Bu DNA'da da gözlediğimiz tipik farklılık şeklidir. Bir bireyin kökenini sadece tek bir gene bakarak tanımlayamazsınız, fakat birçok genin bir bileşkesine bakmak zorundasınız.

Öyle ise, genetik düzeyde insanoğlu dikkate değer derecede oldukça benzerdir. Eğer modern insan Afrika'dan 60 bin veya 100 bin yıl önce ayrılmışsa, bu tam da bekleyeceğimiz şeydir. Yakın zamanlara kadar genetik olarak yalıtılmış, bir birinden uzak çeşitli populasyonlara bölünmüş olarak, dünyanın tüm köşelerine kadar yayılmış olmamıza rağmen, genetik farklılaşma için çok az zaman geçmiştir.

Peki, bu insan ırklarını yok sayabileceğimiz anlamına gelir mi? Hayır. Bu sonuçlar ırkların sadece zihinsel yapılar oldukları ve aralarındaki küçük genetik farklılıkların ilginç olmadığı anlamına gelmemektedir. Bazı ırksal farklılıklar, farklı alanlarda işleyen evrimsel baskılar konusunda açık kanıtlar sunar ve tıpta kullanışlı olabilir. Örneğin, orak-hücre anemisi ataları Afrika ekvatorundan gelen siyahlarda çok yaygındır. Orak-hücre mutasyonu taşıyıcıları falsiparyum sıtmasına (hastalığın en öldürücü formu) karşı epeyce dirençli olduklarından, bu mutasyonun yüksek sıklıkta Afrika veya Afrika kökenli populasyonlarda bulunmasının sıtmaya karşı doğal seçilimin cevabından kaynaklanması yüksek olasılıktır. Tay-Sachs hastalığı Aşkenazi Yahudileri ve Louisiana Cajunları arasında yaygın olan öldürücü bir genetik hastalıktır. Muhtemelen yüksek sıklığa ulaşması küçük atasal populasyonlarda genetik sürüklenme yoluyladır. Bireyin etnik kökenini bilmek, bu ve diğer genetik temelli hastalıkları teşhis etmede oldukça yardımcıdır. Dahası, ırksal gruplar arasında alel sıklığı farklılığı, birkaç "uyumluluk geni" arasında eşleşmeyi gerektiren uygun organ vericilerin bulunması anlamına gelir ve ırkı dikkate almak zorundadır.

Irklar arasındaki çoğu genetik farklılık muğlaktır. Fakat bir Japonla bir Finli, bir Masai ve bir Inuit arasındaki fiziksel farklılıklar gibi diğerleri çarpıcıdır. Öyle ise ilginç bir durumla karşı karşıyayız. İnsanlar arasında gen dizilerinin toplam farklılığı azdır; ancak deri rengi, saç rengi, vücut yapısı ve burun şekli gibi bir dizi görünüşte belirgin özelliklerin bakımından dramatik farklar gösteren bazı gruplar da vardır. Bu belirgin fiziksel farklılıklar tam olarak genomun özellikleri değildir. Peki, insan populasyonları arasında görülen az miktardaki farklılaşma neden böylesi görünümde çarpıcı özelliklerde yoğunlaşmıştır?

Bu farklılıklardan bazıları erken insanların kendilerini buldukları farklı çevrelere uyumlar olarak anlamlıdır. Tropik grupların koyu deri rengi ölümcül kara-tümör (melanoma) üreten yoğun ultraviyole ışınlarına karşı koruma sağlarken, yüksek enlemlerdeki grupların açık renkli derileri, ra-

şitizm ve veremi önlemeye yardım eden zorunlu vitamin D'nin sentezi için gerekli ışığın geçişine izin verir.[52] Peki Asyalıların çekik gözleri veya Kafkas ırkının uzun burunları? Bunların çevre ile açık bağlantısı yoktur. Bazı biyologlara göre, genlerde ırklar arasında fiziksel görünüşü etkileyen daha büyük varyasyonun bulunuşu, potansiyel eşlerce kolayca beğenilen bir şeye, tek bir şeye işaret eder: *E*şeysel seçilim.

Genetik varyasyonun karakteristik örüntüsünden başka, eşeysel seçilimin ırkların evriminde güçlü bir itici güç olduğunu düşündüren diğer noktalar da vardır. Gelişmiş karmaşık kültürlere sahip olmada türler arasında tekiz. Dil bize düşünce ve görüşlerimizi yaymak için muhteşem bir yetenek sunmuştur. Bir grup insan genetik olarak evrimleşebileceğinden çok daha hızlı biçimde kültürünü değiştirebilir. Fakat aynı zamanda kültürel değişim genetik değişim üretebilir. Tercih edilen eş görünüşünü içeren bir düşünce veya modanın yaygınlaştığını hayal edin. Örneğin, Asya'da bir imparatoriçenin düz siyah saçlı ve badem gözlü erkelere tutkusu olsun. Bir moda yaratmış olmasıyla, bu tercih kültürel olarak tüm kadın tebaasına yayılır ve zaman içinde, hayret edilecek şekilde, kıvırcık saçlı ve yuvarlak gözlü bireyler büyük ölçüde düz siyah saçlı ve badem gözlü bireylerin yerini alacaktır. Bu "gen-kültür birlikte evrimi", yani kültürel çevredeki bir değişimin genler üzerinde yeni bir tip seçilime yol açtığı düşüncesi, fiziksel farklılıklar için eşeysel seçilim düşüncesini özellikle çekici kılmaktadır.

Dahası eşeysel seçilim, en son ortak atalarımızın Afrika'dan göçünden bu yana açığa çıkan fiziksel özelliklerin hızlı evrimsel farklılaşmasını yöneten ideal bir aday yapacak şekilde, çoğunlukla inanılmaz derecede hızlı çalışır. Şüphesiz tüm bunlar spekülasyondur ve sınamak neredeyse imkânsızdır; fakat potansiyel olarak gruplar arasındaki belli şaşırtıcı farklılıkları açıklar.

Bunlara rağmen, ırk konusundaki çoğu tartışma populasyonlar arasındaki fiziksel farklılıklar değil, fakat davranışlar üzerine odaklanır. Evrim belli ırkların diğerlerine göre daha zeki, daha atletik veya daha becerikli olmasına neden olmuş mudur? Özellikle bu konuda dikkatli olmak zorundayız; çünkü bu alandaki temelsiz iddialar ırkçılığa bilimsel bir onama sağlayabilir. Peki, bilimsel veri ne söylemektedir? Neredeyse hiçbir şey! Farklı populasyonlar farklı davranışlar, farklı IQlar ve farklı yeteneklere sahip olabilmelerine rağmen, bu farklılıkların çevre ve kültürel farklılıkların genetik olmayan bir ürünü oldukları olasılığını bütünü ile dışarda bırakma

oldukça zordur. Eğer ırklar arasındaki belli farklılıkların gen temelli olduklarını belirlemek istersek, bu etkileri dışarıda bırakmak zorundayız. Böylesi çalışmalar kontrollü deneyler gerektirir: Farklı etnik kökenden çocukları ailelerinden almak ve aynı (veya rastgele seçilmiş) çevrelerde büyütmek. Hangi davranışsal farklılıklar korunursa, bunlar genetik olacaktır. Bu deneyler etik olmadığı için sistematik bir şekilde yapılmamışlardır. Ancak kültürler-arası evlat edinme, davranış üzerine kültürel etkilerin efsanevi şekilde güçlü olduğunu göstermektedir. Psikolog Steven Pinker'in belirttiği gibi "eğer dünyanın teknolojik olarak az gelişmiş bir bölgesinden çocuklar evlat edinirseniz, modern topluma oldukça iyi uyum göstereceklerdir". Bu en azından ırkların davranışlarında doğuştan büyük farklılıklar olmadığını önermektedir.

Benim tahminim ve bu sadece bilgiye dayanan bir spekülasyondur, insan ırklarının zekâ ve davranışta önemli farklılıklar evrimleştirmek için çok genç olduklarıdır. Doğal veya eşeysel seçilimin bu çeşit farklılar yönünde işlediğini düşündürecek hiçbir neden de yoktur. Bir sonraki bölümde, bütün insan toplumlarında gözlenen birçok "evrensel" davranış hakkında bilgileneceğiz. Bunlar sembolik dil, çocuklukta yabancılardan korkmak, kıskançlık, dedikodu ve hediye vermek gibi davranışlardır. Eğer bu evrensel davranışların herhangi bir genetik temeli varsa, her toplumda bulunuşları evrimin insan grupları arasında önemli psikolojik farklılaşma oluşturmadığı görüşüne ağırlık kazandırır.

Deri rengi ve saç tipi gibi belli özellikler populasyonlar arasında farklılaşmış olmakla beraber, bunlar alanlar arasındaki çevresel farklılıklar veya dış görünüş için eşeysel seçilim tarafından yönlendirildikleri özel durumlar olarak görünmektedir. DNA verisi toplamda insan populasyonları arasındaki genetik farklılığın küçük olduğunu göstermektedir. Hepimizin bir derinin altındaki kardeşler olduğumuzu söylemek, yatıştırıcı beylik bir laftan daha fazlasıdır. Bu, Afrika'daki en son kökenimizden bu yana kısa evrimsel bir zaman geçtiği düşünüldüğünde, tam olarak beklediğimiz şeydir.

Peki Ya Şimdi?

SEÇİLİM IRKLAR ARASINDA önemli farklılıklar üretmiş görünmemekle beraber, etnik gruplar içindeki *populasyonlar* arasında bazı ilginç farklılıklar

üretmiştir. Bu populasyonlar oldukça genç olduklarından, insanlarda seçilimin yakın zaman içinde işlediğinin açık kanıtıdır.

Vakalardan biri sütte bulunan bir şeker olan laktozu sindirme yeteneğimiz üzerinedir. Laktaz olarak adlandırılan bir enzim, bu şekeri daha kolay emilen şekerler olan glikoz ve galaktoza yıkar. Süt her zaman bebeklerin temel besini olduğundan, şüphesiz sütü sindirme yeteneği ile doğmaktayız. Fakat sütten kesmeden sonra, laktaz üretimini giderek durdurmaktayız. Sonunda birçoğumuz laktozu sindirme yeteneğimizi bütünü ile yitirerek, süt ürünleri yedikten sonra diyare, kusma ve mide krampları ile tanımlanan "laktoz intoleranslı" (tahammülsüz) hale gelmekteyiz. Bu sütten kesme sonrasında laktazın kaybolması muhtemelen doğal seçilimin bir sonucudur: Eski atalarımızın sütten kesmeden sonra hiçbir süt kaynakları yoktu; öyleyse ihtiyaç olmadığı halde maliyetli bir enzimi neden üretelim ki?

Fakat bazı insan populasyonlarında, bireylerine başkaları için mevcut olmayan zengin bir besin kaynağı sağladığı için yetişkininde de laktaz üretmeye devam ederler. Laktaz sürekliliğinin temelde eskiden veya şimdi "göçebe" populasyonlarda, yani sürü besleyen populasyonlarda bulunduğu ortaya çıktı. Bunlar bazı Avrupa ve Orta Doğu populasyonları ve aynı zamanda Masai ve Tutsi gibi Afrika populasyonlarını içermektedir. Genetik analizler bu populasyonlarda laktaz sürekliliğinin bebeklikten sonra enzimi açık tutan düzenlenmeyi sağlayan DNA'daki basit bir değişime bağlı olduğunu göstermektedir. Genin "tolerans" (açık) ve "intolerans" (kapalı) formu olmak üzere iki aleli vardır ve DNA şifrelerinin sadece tek bir harfi bakımından farklıdırlar. Tolerans alelinin sıklığı populasyonların sığır beslemeleri ile oldukça iyi ilişki gösterir. Avrupa, Orta Doğu ve Afrika'nın göçebe populasyonlarında yüksektir (% 50 ila 90) ve sütten ziyade tarımla geçinen Asya ve Afrika populasyonlarında oldukça düşüktür (% 1 ila 20).

Arkeolojik kanıtlar insanların 7 bin ila 9 bin yıl önce arasında Sudan'da sığır evcilleştirmeye başladıklarını ve bu uygulamanın Sahra-altı Afrika ve Avrupa'ya birkaç bin yıl içinde ulaştığını göstermektedir. Bu hikâyenin güzel tarafı DNA dizilerinden "tolerans" alelinin mutasyonla ne zaman oluştuğunu belirleyebilmemizdir. Bu zaman 3 bin ila 8 bin yıl arasına denk gelmekte olup, göçebeliğin ortaya çıkışı ile çarpıcı bir uyum göstermektedir. Daha da güzel olanı 7 bin yıl yaşındaki Avrupalı iskeletlerinden elde edilen DNA dizileri, eğer henüz göçebe değillerse bekleyeceğimiz gibi, laktoza tahammülsüz olduklarını göstermektedir.

Laktoz toleransının evrimi gen-kültür birlikte evriminin diğer bir muhteşem örneğidir. Tamamen kültürel bir değişim (muhtemelen eti için sığır beslemek) yeni bir evrimsel fırsat doğurmuştur: Bu sığırları sütleri için kullanma yeteneği. Yeni zengin bir besin kaynağının elverişli hale geldiği düşünüldüğünde, tolerans genine sahip atalar, intolerans geni taşıyanlara göre önemli ölçüde üreme avantajına sahip olmuş olmalıdırlar. Gerçekte bu avantajı tolerans geninin sıklığını, modern toplumlarda gözlenen oranına hangi hızda arttırdığını gözlemleyerek hesaplayabiliriz. Toleranslı bireylerin ortalama olarak, intoleranslı olanlara göre % 4 ila 10 kat daha fazla yavru bıraktıkları ortaya çıktı. Bu oldukça güçlü bir seçilimdir.[53]

İnsan evrimi öğreten herkese kaçınılmaz olarak şu soru sorulur: Halen evrimleşmekte miyiz? Laktoz toleransı ve amilaz geninin duplikasyonu örnekleri seçilimin son birkaç bin yıldır kesinlikle iş başında olduğunu göstermektedir. Peki ya şimdi? İyi bir cevap vermek zordur. Atalarımızın karşılaştığı çoğu seçilim tipi artık kesin olarak geçerli değildir. Beslenme, temizlik ve tıbbi bakımda ilerlemeler, atalarımızı öldürmüş olan birçok durum ve hastalık yanında doğal seçilimin daha önceki güçlü kaynaklarını ortadan kaldırdı. Britanyalı genetikçi Steve Jones'ın belirttiği gibi 500 yıl önce Britanyalı bir bebeğin üreme yaşına ulaşma olasılığı sadece % 50 iken, bu olasılık günümüzde % 99'a yükselmiştir. Evrimsel tarihimizin çoğu süresince seçilim tarafından acımasızca ortadan kaldırılacak olan bu yaşamış olanların birçoğuna, tıbbi müdahaleler normal bir yaşam sürme izini verdi. Bozuk gözler ve kötü dişlere sahip olduğu için avlanmayan veya çiğneyemeyen kaç insan Afrika savanalarında ölmüş olmalıdır? (Ben kesinlikle uyum gösteremeyenler arasında olacaktım). Kaçımız antibiyotiklerin yokluğunda bizi öldürecek olan enfeksiyonlar geçirdik? Kültürel değişimler nedeniyle, genetik olarak birçok bakımdan geriye gittiğimiz büyük olasılıktır. Yani bir zamanlar zararlı olan genler artık o kadar da kötü değildir (bu "kötü" genleri basit bir gözlük veya iyi bir dişçi ile telafi edebilmekteyiz) ve bu genler populasyonlarda kalmaya devam edebilirler.

Aksine, bir zamanlar yararlı olan genler, kültürel değişme nedeniyle şimdi zararlı etki gösterebilirler. Örneğin yağ ve şeker sevgimiz, böylesi besinlerin değerli fakat nadir enerji kaynağı olduğu atalarımız için pekâlâ uyumsal olabilir.[54] Fakat bir zamanlar nadir olan bu besinlere şimdi kolayca ulaşılabilmektedir ve böylece genetik mirasımız bize diş çürümesi, obezite (şişmanlık) ve kalp problemleri getirmektedir. Zengin besinlerden

yağ kullanma eğilimimiz de, yerel besin bulunuşunda azlık veya kıtlık tarafından üretilen çeşitliliğin olduğu süreler boyunca, zor zamanlar için kalori depolama yeteneğinde olanlara bir seçilim avantajı sunacak şekilde uyumsal olmuş olmalıdır.

Bu bizim gerçekte *geriye*-evrimleşmekte olduğumuz anlamına gelir mi? Bir dereceye kadar evet, fakat aynı zamanda muhtemelen yeni tip seçilimler yaratan modern çevrelere daha uyumlu hale de gelmekteyiz. İnsanlar üretkenlikleri sona ermeden ne kadar uzun süre önce ölürlerse ve bazıları diğerlerine göre ne kadar uzun süre yavru bırakırlarsa, doğal seçilimin bizi geliştirmek için bir olanağa sahip olacağını hatırlamalıyız. Eğer hayatta kalma ve yavru bırakma kapasitemizi etkileyen genetik varyasyon varsa, evrimsel değişimleri teşvik edecektir. Şimdi kesinlikle olan budur. Üreme öncesi ölüm oranları bazı Batı populasyonlarında düşük olmakla beraber, birçok başka yerde oldukça yüksektir ve özellikle Afrika'da çocuk ölüm oranları % 25'ten fazladır. Bu ölümlere çoğunlukla kolera, tifo ve verem gibi enfeksiyon hastalıkları neden olmaktadır. Sıtma ve AIDS gibi diğer hastalıklar birçok çocuğu ve üreme yaşındaki yetişkini öldürmeye devem etmektedir.

Burada ölüm kaynakları kadar, bunları hafifleten genler de vardır. Bazı enzimlerin değişik alelleri, örneğin hemoglobin (bariz şekilde orak-hücre anemisi) sıtmaya direnci arttırır. Taşıyıcılarına AIDS virüsü enfeksiyonlarına karşı güçlü koruma sağlayan *CCR5-Δ32* aleli olarak adlandırılan mutant bir gen vardır. Eğer AIDS ölümlerin önemli bir nedeni olmaya devam ederse, etkilenen populasyonlarda bu alelin sıklığının artacağını öngörebiliriz. Bu bakterilerde kesin olan antibiyotik dirençliliği gibi evrimdir. Tartışmasız olarak tam olarak anlamadığımız başka ölüm kaynakları da vardır: Zehirler, kirleticiler, stres ve benzerleri. Eğer yetiştirme deneylerinden öğrendiğimiz bir şey varsa, bu da neredeyse her türün neredeyse her çeşit seçilime cevap verecek genetik varyasyonlara sahip oluşudur. Yavaşça, önlenemez bir şekilde ve görünmeden genomumuz birçok yeni ölüm kaynağına uyum sağlamaktadır. Fakat bütün kaynaklara değil. Şişmanlık, şeker ve kalp hastalıkları gibi hem genetik hem de çevresel nedenlere bağlı hastalıkların ürettikleri ölümler çoğunlukla, kurbanlarının üretkenliğinin sona ermesinden sonra görüldüğü için seçilimle karşı karşıya kalmayabilirler. Uyum gücü en iyi olanın hayatta kalmasına en şişman olanın hayatta kalması eşlik etmektedir.

Fakat insanlar hastalık direnci ile hak ettiği önem ölçüsünde ilgilenmezler. İnsanların daha güçlü, zeki veya güzel hale gelip gelmeyeceğini bilmek istemektedirler. Bu şüphesiz, bu karakterlerin üreme farklılığı ile ilişkili olup olmamasına bağlıdır ve açıkçası bunu bilmiyoruz. Aslında ne de önemi vardır. Eğer istenilen sperm ve yumurtaları önceden seçmek gibi genetik yönlendirmelerle evrimimizle oynamayı bir tarafa bırakırsak, hızlı biçimde değişen kültürümüzün ürettiği sosyal gelişmeler, genlerimizdeki herhangi bir değişimden çok daha fazla yeteneklerimizi arttırmaktadır.

İnsan fosil kayıtlarından öğrendiklerimiz ile birlikte insan genetiğinde son yıllarda yapılan keşifler, bizim evrimleşmiş memeliler olduğumuzu doğrulamaktadır. Şüphesiz gurur duyulacak ve yetenekli, fakat yine de her bir yaşam formunu birkaç milyar yıl süresince dönüştüren, aynı süreçlerle oluşmuş memelilerden biriyiz. Bütün türler gibi, evrimin son ürünü değil, her ne kadar genetik gelişmemiz yavaş olabilse de, devam etmekte olan bir çalışmayız. Atasal insansı maymunlardan bu yana uzun bir yol kat etmiş olmakla beraber, mirasımızın kalıntıları halen bize ihanet etmektedir. Gilbert ve Sullivan sadece kılsız maymunlar olduğumuz yollu şaka yaptılar; Darwin bu kadar eğlenceli değildi fakat çok daha şiirsel ve doğruydu:

> Elimden geldiğince kanıtlar ortaya koydum ve bana öyle geliyor ki, tüm yeni nitelikleriyle, en değersize duyduğu sempatisi, sadece diğer insanlara değil fakat en düşük canlı yaratıklara karşı iyi niyeti, güneş sisteminin yapı ve hareketine nüfuz eden ilahi aklı ile–ve tüm bu yüksek meziyetlerine rağmen–İnsanoğlunun bedeninde halen düşük kökeninin silinmez damgasını taşıdığını kabul etmek zorundayız.

Bölüm 9

Evrim Yeniden

Milyonlarca yüzyıl boyunca uyuduktan sonra, nihayet gözlerimizi yaşam dolu, parıltılı renkli, muhteşem bir gezegende açtık. On yıllar içerisinde gözlerimizi yeniden kapatmak zorundayız. Gün yüzünde geçireceğimiz bu kısa sürede, evreni ve içine doğmak için nasıl bu hale geldiğimizi anlamaya çalışmak asil ve aydınlık bir yol değil midir? Bana sorulduğunda cevabım şudur–şaşırtıcı derecede sıklıkla sorulduğu gibi– yoksa sabahları neden kalkma zahmetine katlanayım ki!

–Richard Dawkins

Birkaç yıl önce Chicago'nun zengin semtlerinden birinde, bir grup işadamı akıllı tasarıma karşı evrim konusunda bir konuşma vermemi istediler. Haklarını temsil edelim ki, sözde "tartışma" konusunda daha fazla öğrenmek isteyecek kadar entelektüel merakları vardı. Evrim için kanıtları ortaya serdim ve daha sonra neden akıllı tasarımın yaşamı açıklamada bilimsel olmaktan ziyade dinsel olduğunu açıkladım. Konuşmamdan sonra dinleyicilerden biri yanıma geldi ve şöyle dedi "evrim için sunduğunuz kanıtları çok ikna edici buldum, ancak yine de inanmıyorum."

Bu saptama birçok kişinin evrimsel biyoloji konusunda hissettiği derin ve yaygın belirsizliği ortaya koymaktadır. Kanıtlar ikna edicidir fakat kendileri ikna olmamaktadır. Bu nasıl olabilir? Bilimin diğer alanlarının başı böylesi problemlerle dertte değildir. Bizler elektronların veya kara deliklerin varlı-

ğından, bu olgular evrime göre günlük yaşantımızın çok dışında kaldıkları halde, şüphe etmeyiz. Hâlbuki fosilleri herhangi bir doğa müzesinde görebiliriz ve her gün bakteri ve virüslerin nasıl ilaç dirençliliği evrimleştirdiklerine dair bir şeyler okumaktayız. Peki, evrimle problem nedir?

Problem *olmayan* kanıtların var olmasıdır. Buraya kadar okuduklarınızdan, evrimin bilimsel bir kuramdan daha fazlası olduğuna ikna olduğunuzu umuyorum. Evrim bilimsel bir gerçekliktir. Fosil kayıtlar, biyocoğrafya, embriyoloji, körelmiş yapılar, uygun olmayan tasarım ve benzeri gibi birçok alandan kanıtlara baktık. Tüm bu kanıtlar, hiçbir şüphe kırıntısına yer bırakmaksızın, organizmaların evrimleştiklerini göstermektedir. Bu sadece "mikroevrimsel" değişmeler de değildir. Yeni türlerin hem gerçek zamanda hem de fosil kayıtlarda oluştuklarını gördük. Balina ve kara hayvanları gibi büyük gruplar arasında geçiş formaları bulduk. Doğal seçilimi iş başında gözlemledik. Seçilimin karmaşık organizmalar ve özellikler ürettiğini düşünmek için her türlü nedene sahibiz.

Ayrıca evrimsel biyolojinin sınanabilir öngörülerde bulunduğunu gördük. Ancak şüphesiz bu, hangi mutasyonların meydana geldiği ve çevrenin nasıl değiştiği gibi sayısız bilinmeyen faktöre bağlı olduğundan, belli bir türün nasıl evrimleşeceğini öngörmek anlamında değildir. Ancak, fosillerin nerede bulunabileceğini öngörebiliriz (Darwin'in insan atalarının Afrika'da bulunabileceği öngörüsünü hatırlayın). Ortak ataların ne zaman açığa çıkmış olabileceğini öngörebiliriz (Örneğin, Bölüm 2'de tanımlana 370 milyon yıla tarihlendirilen kayaçlarda "ayaklı-balık" *Tiktaalik*'in keşfi) ve bu ataların neye benzemeleri gerektiklerini bunları bulmadan önce tahmin edebiliriz (yine Bölüm 2'de gösterilen karınca ve yaban arıları arasındaki harikulade "kayıp halka"). Bilim insanları keseli memeli fosillerinin Antarktika'da bulunacaklarını öngörmüş ve bulmuşlardır. Erkeklerinin parlak renkli, dişilerinin renkli olmadığı bir hayvan türü gördüğümüz zaman, bu türün çok eşli bir üreme sistemine sahip olacağını öngörebiliriz.

Her gün yüzlerce gözlem ve deney bilimsel literatür ambarına akmaktadır. Birçoğunun evrimle çok ilgisi yoktur. Bunlar fizyoloji, biyokimya, gelişim ve benzeri alanlarda yapılan ayrıntılı gözlemler üzerinedir, fakat birçoğu evrimle ilişkilidir. Evrimle ilişkili olan her olgu, evrimin gerçekliğini doğrulamaktadır. Bulduğumuz her fosil, dizilediğimiz her DNA molekülü ve ayrıntılı incelediğimiz her organ sistemi, türlerin ortak atadan türedi-

ği düşüncesini desteklemektedir. Evrimin gerçek olmadığını kanıtlayacak sonsuz sayıda gözlem yapma *olasılığına* rağmen, tek bir tanesine bile sahip değiliz. Memelileri Prekambriyen kayaçlarında, insanları dinozorlarla aynı tabakalarda veya diğer herhangi bir fosili evrimsel sırası dışında bir yerde bulmuyoruz. DNA dizileri, daha önce fosil kayıtlardan çıkarsanan türlerin evrimsel akrabalık ilişkilerini desteklemektedir. Doğal seçilimin öngördüğü gibi, sadece farklı bir türe yarar sağlayan uyumlara sahip hiçbir tür bulmuyoruz. Ayrı yaradılış düşüncesi altında anlaşılamaz olan ölü genler ve körelmiş organlar bulmaktayız. Milyonlarca kere yanlış olma olasılığına karşın evrim daima doğru çıkmaktadır. Bu bilimsel bir gerçekliğe mümkün olduğunca en yakın gelebileceğimiz durumdur.

Şimdi "evrim gerçektir" dediğimize, demek istediğimiz Darwinizm'in temel ilkelerinin doğrulandığıdır. Organizmalar evrimleşti, bunu adım adım gerçekleştirdiler, soy hatları ortak atalardan farklı türlere ayrıldılar ve doğal seçilim uyumların temel motorudur. Hiçbir ciddi biyoloğun bu önermeler konusunda bir şüphesi yoktur. Fakat bu, Darwinizm'in artık anlaşılacak bir şeyinin kalmadığı ve bilimsel olarak sonuna gelindiği anlamına gelmez. Bunun çok uzağındayız. Evrimsel biyoloji soru ve tartışmalarla doludur. Eşeysel seçilim tam olarak nasıl çalışmaktadır? Dişiler iyi genlere sahip erkekleri mi seçmektedir? Organizmaların DNA dizileri veya özelliklerinin evriminde genetik sürüklenme (doğal ve eşeysel seçilimele karşılaştırıldığında) ne kadar rol oynamaktadır? Hangi fosil homininler doğrudan *Homo sapiens* soy hattının üzerindedir? Sadece birkaç milyon yıl içinde, birçok yeni hayvan formunun açığa çıktığı yaşamın Kambriyen "patlamasına" ne sebep olmuştur?

Bu soruların evrim kuramının kendisinde bir şeylerin yanlış olduğunu gösterdiği ileri sürülerek, evrim eleştirileri bu tartışmalara hapsedilir. Fakat bu aldatıcıdır. Ciddi biyologlar arasında evrim kuramının temel iddiaları konusunda bir fikir ayrılığı yoktur. Sadece evrimin nasıl ortaya çıktığının ayrıntıları konusunda ve çeşitli evrimsel mekanizmaların oransal rolleri konusunda ayrılıklar vardır. Evrimi güvenilmez kılmaktan çok öteye, aslında bu "tartışmalar" coşkulu ve zengin bir alan olmasının işaretidir. Bilimi ileri götüren bilgisizlik, tartışma ve alternatif hipotezlerin deney ve gözlem yoluyla sınanmasıdır. Tartışması olmayan bir bilim gelişmesi olmayan bir bilimdir.

Bu noktada sadece şunu söyleyebilirdim, "Kanıtları sundum ve evrimin gerçek olduğunu göstermektedir. Q.E.D." (Ç.N. Latince 'quod erat demonstrandum' kısaltması, 'gerekli ispat' anlamında). Fakat eğer bunu yaparsam işimi savsaklamış olacağım. Çünkü konuşmamdan sonra karşılaştığım işadamı gibi, çoğu insan evrimi kabul etmeden önce kanıtlardan daha fazlasını istemektedir. Evrime ne kadar çok fazla kanıt gösterilmiş olunursa olsun, bu kişilere göre evrim hiç kabul edemeyecekleri amaç, moral ve anlam konusunda derin sorular ortaya çıkarmaktadır. Onları huzursuz eden insansı maymunlardan evrimleşmiş olmamız değil, fakat bu gerçekle yüzleşmenin duygusal sonuçlarıdır. Eğer bu kaygıları giderecek bir açıklama sunamaz isek, evrimin evrensel olarak kabul gören bir gerçeklik olduğu konusunda bir ilerleme sağlayamayız. Amerikalı filozof Michael Ruse'ın not ettiği gibi, "Kimsenin fosil kayıtlardaki boşluklar nedeniyle uykusu kaçmaz. Çoğu kişi, kürtaj ve uyuşturucu, ailede gerileme ve eşcinsel evlilikler ve sözde 'moral değerlere' karşı görünen tüm diğer şeyler konusunda endişelendikleri için uykuları kaçar."

Amerikalı muhafazakâr filozof ve akıllı tasarımın savunucusu Nancy Pearcey bu yaygın korkuyu şöyle ifade etmiştir:

> Kamuoyu neden biyolojinin bir kuramı ile bu kadar tutkulu şekilde ilgilenir? Çünkü insanlar bilimsel bir kuramdan çok daha fazlasını kaybedeceklerini sezgisel olarak algılarlar. Fen derslerinde doğalcı evrim öğretildiğinde, daha sonra da doğalcı etik görüşünün koridor boyunca yer alan tarih, sosyoloji, aile yaşamı sınıflarında ve müfredatın tüm alanlarında öğretileceğini bilirler.

Pearcey (ve çoğu Amerikalı yaradılışçı aynı fikirdedir) evrimin bütün kötü algısının bilimin parçaları olan iki dünya görüşünden geldiğini iddia eder: Doğalcılık (natualizm) ve maddecilik (materyalizm). Doğalcılık evrenimizi anlamanın tek yolunun bilimsel yöntem olduğu görüşüdür. Maddecilik tek gerçekliğin evrenin fiziksel madde olduğu ve düşünce, istek, duyguları kapsayan diğer tüm şeylerin, madde üzerine işleyen fizik yaslarından geldiği düşüncesidir. Evrimin ve tüm bilimlerin mesajı, doğalcı maddeciliğin mesajlarından biridir. Darwinizm bize tüm türler gibi, insanoğlunun çağlar boyunca kör, amaçsız güçlerin çalışmasından ortaya çıktığını söyler. Belirleyebildiğimiz kadarıyla, eğreltiler, mantarlar, kertenkeleler ve sincapları oluşturan aynı güçler bizi de üretmiştir. Elbette,

bilim doğaüstü açıklama olasılığını bütünüyle dışarda tutamaz. Tüm dünyamızın cinler tarafından kontrol edildiği, oldukça düşükte olsa olasıdır. Fakat bunun gibi doğaüstü açıklamalara açıkça hiç ihtiyaç yoktur. Doğal dünyayı mantık ve maddeciliği kullanarak oldukça iyi bir şekilde anlamayı başarmaktayız. Dahası, doğaüstü açıklamalar daima sorgulamanın sonu anlamına gelir. Tanrı istediği için böyledir, hikâyenin sonu! Diğer yandan, bilim asla tatmin olmaz. Evren üzerine çalışmalarımız insanın yok oluşuna kadar devam edecektir.

Ancak Pearsey'in evrimin bu derslerinin, kaçınılmaz olarak etik, tarih ve "aile yaşamı" çalışmalarına yayılacağı düşüncesi gereksiz şekilde panik üretmektir. Anlam, amaç ve etiği evrimden nasıl türetebilirsiniz? Yapamazsınız. Evrim, yaşamın anlamı konusunda temel felsefi bir çerçeve değil, basitçe yaşam çeşitlenmesinin örüntü ve süreçleri konusunda bir kuramdır. Bize ne yapmamız veya nasıl davranmamız gerektiğini söyleyemez. Bu, köken hikâyemizde ortaya çıkışımız için bir neden ve nasıl davranmamız gerektiğinin işaretini arayan birçok inanan için büyük bir sorundur.

Çoğumuz yaşamımızda anlam, amaç ve moral rehbere ihtiyaç *duyarız.* Eğer evrimin kökenimizin gerçek hikâyesi kabul edersek, bunları nasıl buluruz? Bu soru bilim alanının dışındadır. Fakat evrim halen moral değerlerimizin genetiğimizin baskısı altında olup olmadığına ışık tutabilir. Eğer bedenlerimiz evrimin bir ürünüyseler, peki ya davranışlarımız? Milyonlarca yıl Afrika savanalarında oluşumuzun psikolojik bagajını taşımakta mıyız? Eğer taşıyorsak, ne kadarının üstesinden gelebiliyoruz?

İçimizdeki Canavar

EVRİM KONUSUNDAKİ en yaygın inanış, evrimleşmiş tek memeli olduğumuzu kabul ettiğimizde, bizi bir canavar gibi hareket etmekten alıkoyacak hiçbir şeyin olmayacağıdır. Artık moral değerler olmayacak ve orman kanunları hüküm sürecektir. Nancy Pearcey'in okullarımıza yayılacağından korktuğu "etiğin doğalcı görüşü" budur. Cole Porter'ın eski bir şarkısında denildiği gibi:

Ayıların gönül ilişkisi olduğunu söylerler
Ve develerin bile
Bizler insan ve memeliyiz–hadi yanlış davranalım!

Bu görüşün daha yeni bir sürümü eski kongre üyesi Tom DeLay tarafından 1999'da dile getirildi. Colorado'daki Columbine Lisesi katliamında Darwinci kökler olabileceğini kast ederek, DeLay ABD Kongre salonunda bir Texas gazetesinde çıkan ve şu görüşleri, iğneleyici bir şekilde ileri süren şu mektubu okudu. "Okul sistemimizde çocuklarımıza bir ilkin çamur çorbasından evrimleşmiş muhteşem bir insansı maymundan başka bir şey olmadığımız öğretilmeseydi, bu katliam olmayabilirdi." Muhafazakâr üstat Ann Coulter'in en çok okunanlar listesindeki *Tanrısız: Liberalizmin Kilisesi* (*Godless: The Church of Liberalism*) kitabında, daha açık bir şekilde liberaller için evrim, "Moral değerlerden kurtulmaya izin verir. Canınız ne isterse onu yapın, sekreterinizle yatın, büyükannenizi öldürün, özürlü bebeğinizi aldırın, Darwin insanlığa faydası olduğunu söyler!" Şüphesiz Darwin asla böyle bir şey söylemedi.

Fakat modern evrimsel biyoloji sözde canavar atalarımız gibi davranmak için genetik olarak donatıldığımızı *iddiasında* hiç bulunmuşmudur? Çoğu kişiye göre bu algı evrimci Richard Dawkins'in oldukça popüler *Gen Bencildir* kitabı, daha doğrusu kitabın adından kaynaklanmaktadır. Bu sanki evrimin bizi bencil davranmaya, sadece kendimizi düşünmeye yönlendirdiğini söyler görünmektedir. Kim böylesi bir dünyada yaşamak ister? Ancak kitapta bu anlamda hiçbir şey yoktur. Dawkins'in açıkça gösterdiği gibi "bencil gen" doğal seçilimin nasıl işlediğini göstermek için kullanılan bir metafordur. Genler *sanki* bencil moleküllermiş gibi hareket ederler. Daha iyi uyarlanmalar üretenler, gelecek için var olma savaşında, diğer genleri devre dışı bırakıyorlarmış gibi hareket ederler. Evet, bencil genler bencil davranışlar üretebilir. Fakat, ayrıca evrimin işbirliği, fedakarlık ve hatta etiğe yol açan genler lehinde nasıl işlediği üzerine hacimli bir bilimsel literatür de vardır. Bununla beraber atalarımız bütünüyle canavar da olmayabilirler. Her halükarda orman, çok çeşitli hayvanları ile birçoğu karmaşık ve işbirlikçi toplumun yaşadığı, söylentilerin ima ettiği kadar kuralsız da değildir.

Eğer sosyal insansı maymunlar olarak evrimimiz beynimizde bunun izlerini bırakmışsa, ne tür insan davranışları "donanımsal" olabilir? Dawkins'in kendisi *Gen Bencildir*'in eşit derecede *Gen İşbirlikçidir* olarak adlandırılabileceğini söyledi. Bencil, işbirlikçi veya her ikisi için donanımlı mıyız?

Son yıllarda, bu soruyu evrimin ışığı altında yorumlayarak cevap arayan yeni bir akademik disiplin doğmuştur. *Evrimsel psikoloji* köklerini, son bölümünde insan davranışlarının da evrimsel açıklamaları olabileceğini öneren hayvan davranışlarının kapsamlı bir sentezi olan E. O. Wilson'un *Sosyobiyoloji* kitabından almaktadır. Evrimsel psikolojinin çoğu modern insan davranışlarını, atalarımız üzerine işlemiş olan doğal seçilimin uyumsal sonuçları olarak açıklamaya çalışmaktadır. Eğer "uygarlığın" başlangıcını M.Ö. 4 bin yıl olarak alırsak, bu dönemde hem karmaşık şehir hem de tarım toplumları vardı. Bu durumda buradan günümüze sadece 6 bin yıl geçmiştir. Bu süre insan soy hattının şempanzelerden yalıtıldığı toplam zamanın binde birine denk gelmektedir. Bunu bir kekin üzerindeki krema gibi, kabaca küçük sosyal gruplarda avcı-toplayıcı olarak yaşamış olabileceğimiz 300 bin nesillik sürenin tepesinde, 250 nesillik uygar bir toplumun oturmasına benzetilebilir. Seçilimin bizi avcı-toplayıcı bir hayat tarzına uydurması için çok zamanı olmuş olmalıdır. Evrimsel psikologlar bu uzun çağlar boyunca uyarlandığımız bu fiziksel sosyal ortamı, Evrimsel Uyarlanma Ortamı veya EUO olarak adlandırırlar.[55] Şüphesiz, evrimsel psikologların dediği gibi, şimdi artık uyumsal olmasalar ve hatta uyumsuz olsalar bile, EUO'da evrimleşmiş birçok davranışımızın korunmuş olmalıyız. Nede olsa, modern uygarlığın doğuşundan bu yana evrimsel değişmeler için nispeten az zaman geçmiştir.

Gerçekten de, bütün insan toplumları çok sayıda geniş ölçüde kabul gören "insan evrenselleri" paylaşır görünmektedir. Donald Brown böylesi özelliklerin bir düzinesini, sembolik dilin kullanılması (kelimelerin eylem, obje ve düşüncenin soyut sembolleri olduğu), eşeyler arasında işbölümü, erkek baskınlığı, din veya doğaüstü inanç, ölü için yas, akrabayı akraba olmayana göre koruma, süsleme sanatı ve moda, dans ve müzik, dedikodu, vücut süsleme ve tatlı sevgisi adları ile listeledi. Bu davranışların çoğu insanları diğer hayvanlardan ayırdığı için, "insan doğasının" özellikleri olarak görülebilirler.

Fakat yaygın davranışların her zaman genetik temelli uyumları yansıttığını varsaymamalıyız. Problemlerden biri, neden çoğu modern insan davranışının EUO'da uyumsal olmuş olabileceği konusunda evrimsel bir neden uydurmanın her zaman çok kolay olmasıdır. Örneğin, ressam ve yazarların yapıtları kadınları cezbettiği için daha fazla gen bırakabileceklerinden, sanat ve edebiyat, tavus kuşu kuyruğunun eşdeğeri olabilir. Irza

geçme? Baba olmak için eş bulamayan erkeğin başvurduğu yoldur; böylesi erkekler EUO'da baskın olma ve güç kullanma eğilimleri yönünde seçilmişlerdir. Depresyon? Hiç sorun değil! Baskı durumlarında hayatta kalmak için ruhsal kaynaklarımızı toparlamanın, yani uyumsal olarak geri çekilmenin bir yolu olmuş olmalıdır. Ya da sizin kavgadan çekilmeniz, zararınızı telafi ve başka bir gün geri dönmenizi sağlayacak şekilde, sosyal yenilginin törensel bir biçimini temsil etmiş olabilir. Eşcinsellik? Bu davranış doğal seçilimin koruyacağı davranışların çok tersine görünse bile (eşcinsel davranış için genler aktarılamaz ve populasyondan hızla elenirler), birileri EUO'da eşcinsel erkeklerin evde oturdukları ve annelerine diğer kardeşlerini büyütmede yardım ettiklerini varsayarak günü kurtarabilir. Bu şartlarda "eşcinsellik" genleri daha çok, eşcinsellerce üretilmelerine yardım edilen ve bu genleri taşıyan kız ve erkek kardeşler yoluyla aktarılmış olmalıdır. Bu arada, bu açıklamalardan hiçbiri bana ait değildir. Bunların hepsi aslında yayınlanmış bilimsel literatürden alınmıştır.

Psikologlar, biyologlar ve felsefecilerin, bu konudaki çalışmaları bilimsel bir salon oyununa çevirecek şekilde, insan davranışlarının her bir yönünü Darwinleştirme yönünde giderek artan (ve rahatsız eden) bir eğilim vardır. Fakat şeylerin nasıl evrimleşmiş olabileceğine ilişkin zihinsel kurgulamalar bilim değildir; bunlar sadece masaldır. Stephen Jay Gould, bunları Kipling'in çeşitli hayvan özellikleri için eğlenceli fakat hayal ürünü açıklamalar sunan adına yakışır kitabından sonra "Sadece-Sözde Masallar" olarak aşağıladı ("Leopar Beneklerini Nasıl Kazandı", How the Leopard Got His Spots, ve benzerleri).

Yine de, *tüm* davranışların hiçbir evrimsel temele sahip olmadığını söyleyemeyiz. Şüphesiz bazıları sahiptir. Bunlar, hayvanlar arasında yaygın olarak paylaşılmaları ve hayatta kalma ve üremedeki açık önemleri nedeniyle neredeyse kesinlikle uyumsal olan davranışları kapsar. Akla gelen davranışlar, beslenmek, uyumak (henüz uyumaya neden ihtiyaç duyduğumuzu bilmemekle beraber, beyin için bir dinlenme süresi hayvanlarda yaygındır), seks isteği, ebeveyn bakımı ve akraba olanları olmayanlara göre kollamak.

Davranışların ikinci bir kategorisi, seçilim ile evrimleşmiş olmaları oldukça olası fakat uyumsal önemleri, örneğin bir ebeveyn bakımında olduğu kadar açık olmayan, davranışları kapsar. Eşeysel davranış bunun en belirgin olanıdır. Birçok hayvanla paralel şekilde insan erkeği büyük ölçü-

de hovarda ve dişileri seçicidir (birçok toplumda sosyal olarak zorlanan tekeşliliğe rağmen). Erkekler dişilerden daha iri ve güçlüdür ve saldırganlıkla ilişkili bir hormon olan yüksek testosteron düzeyine sahiptirler. Üreme başarısının ölçüldüğü toplumlarda, erkekler arasında gözlenen testosteron farklılığı, dişiler arasında gözlenenden daima daha yüksektir. Gazetelerde çıkan kişisel ilanlara istatiksel olarak bakıldığında (bunun bilimsel incelemenin en katı şekli olmadığını kabul edelim) erkekler çocuk taşımaya uygun daha genç kadınlar ararken, kadınlar zenginlik, statü ve ilişkilerine yatırım yapma niyeti olan daha yaşlı erkekleri tercih etmektedirler. Tüm bu özellikler hayvanlardaki eşeysel seçilim hakkında bildiklerimizin ışığı altında anlam kazanır. Bu bizi her yönüyle deniz fillerinin eşiti yapmamakla beraber, bu paralellikler vücudumuz ve davranış özelliklerimizin kuvvetle eşeysel seçilimle şekillendirildiğine işaret eder.

Fakat tekrar, diğer hayvanlardan çıkarsamalarda bulunduğumuz zaman dikkatli olmak zorundayız. Erkekler kadınlar için rekabet ettikleri için değil, iş bölümünün evrimsel bir sonucu olarak, daha iri olabilirler. EUO'da erkekler avlanmış olabilirken, kadınlar doğuran olarak çocuk bakmış ve toplayıcılık yapmış olabilirler (Bunun da halen evrimsel bir açıklama olduğuna, fakat eşeysel seçilimden çok doğal seçilimin işe karıştığı bir açıklama, olduğuna dikkat ediniz). İnsan cinselliğinin *her* yönünü evrim ile açıklamaya çalışmak bazı zihinsel çarpıtmalar gerektirir. Örneğin, modern Batılı toplumlarda kadınlar makyaj, çeşitli ve yaratıcı giysi ve benzeri yoluyla erkeklere göre çok daha özenli bir şekilde süslenirler. Bu özenli gösteriler, vücut rengi ve süsleri evrimleştirmiş olan cennetkuşu erkeklerindeki gibi, eşeysel olarak en seçilmiş hayvanlarındakinden çok farklıdır. Her zaman en yakın çevremizdeki davranışlara bakma arzumuz vardır; davranışların çoğunlukla zaman ve mekânda değişken olduklarını unuturuz. Bugün San Francisco'da eşcinsel olmakla, 2500 yıl önce Atina'da eşcinsel olmak aynı şey değildir. Dil ve uyku kadar mutlak ve esnek olmayan az sayıda davranış vardır. Yine de, cinsel davranışlarımızın bazı yönlerinin, şeker ve yağa karşı evrensel sevgi ve yağ depoları edinme eğilimimiz atalarımızda uyumsal olan fakat günümüzde gerekli olmayan özellikler olduğu konusunda makul ölçüde emin olabiliriz. Noam Chomsky ve Steven Pinker gibi dilbilimciler sentaks ve gramerin bir biçimde beyinde şifrelendiği yönleriyle, sembolik dilin kullanımının olası bir genetik uyum olduğunu ikna edici şekilde ortaya koydular.

Son olarak, bazen uyum gibi görünen, fakat evrimleri konusunda neredeyse hiçbir şey bilmediğimiz çok büyük bir davranış kategorisi vardır. Bunlar ahlak yasaları, din ve müziği içeren en ilginç insan evrensellerinin birçoğunu kapsar. Böylesi özelliklerin nasıl evrimleştiği konusunda hipotezlerin (ve kitapların) sonu yoktur. Bazı modern düşünürler, tıpkı dilin karmaşık bir toplum ve kültür oluşturmaya yol açması gibi, ahlak duygusu ve birçok etik ilkenin ne şekilde, bir sosyal primatın kalıtımsal mizacı üzerine işleyen doğal seçilimin ürünleri olabileceği konusunda, ayrıntılı senaryolar oluşturdular. Fakat en sonunda bu düşünceler sınanmamış ve muhtemelen sınanamaz spekülasyonlara dayanır. Bu özeliklerin nasıl evrimleştiklerini (veya hatta evrimleşmiş genetik özellikler *olduklarını*) ve doğrudan uyumlar mı, yoksa ateş yakmak gibi, vücudunu korumak için davranışsal esneklik evrimleştiren karmaşık beynin sadece bir yan ürünü mü olduklarını, yeniden yapılandırmak neredeyse imkânsızdır. Sağlam kanıtlarca desteklenmeyen spekülasyonlar konusunda oldukça şüpheci olmalıyız. Benim kendi görüşüm, insan davranışının evrimi konusundaki sonuçların, en az insan olmayan hayvan çalışmalarında kullanılan kadar katı araştırmalara dayanması gerektiğidir. Eğer hayvan-davranışları dergilerini okursanız, bu şartın çıtayı oldukça yükseğe koyduğunu göreceksiniz, bu durumda evrimsel psikoloji konusundaki birçok sav iz bırakmadan çöker.

Öyle ise kendimizi evrimin tellerinde dans eden kuklalar olarak görmek için hiçbir neden yoktur. Evet, davranışlarımızın belli kısımları genetik olarak şifrelenmiş, savana yaşamlı atalarımızda doğal seçilim yoluyla yavaş yavaş işlenmiş olabilir. Fakat genler kader değildir. Bütün genetikçilerin bildiği, ancak bilim insanı olmayanların bilincine işlememiş görünen bir ders "genetiğin" anlamının "değişmezlik" olmadığıdır. Her türlü çevresel faktör genlerin ifadesini etkileyebilir. Örneğin gençlik diyabeti genetik bir hastalıktır, ancak zararlı etkisi büyük oranda çevresel bir müdahale, yani az miktarda insülin ile giderilebilir. Ailemize özgü benim bozuk gözlerim, gözlük sayesinde bir engel değildir. Aynı şekilde, çikolata ve et için açgözlü iştahımızı biraz irade gücü ve Kilo Bekçileri toplantıları yardımı ile azaltabiliriz. Evlilik kurumu erkeğin hovardalık davranışını törpüleme yönünde epeyce yol almıştır.

Dünya halen bencillik, ahlaksızlık ve adaletsizliklerle doludur. Fakat başınızı diğer yöne çeviriniz; sayısız iyilik ve fedakârlık eylemi de göreceksiniz. Her iki davranışın da evrimsel mirasımızdan gelen elementleri olabi-

lir. Fakat bu eylemler büyük ölçüde genlerin değil, tercihlerin konusudur. Vakıflara yardım, fakir ülkelerdeki hastalıklarla mücadelede gönüllü olmak, aşırı kişisel riskine rağmen yangınla savaş gibi davranışlardan hiçbiri bize doğrudan evrim yoluyla işlenmiş olamaz. Yıllar geçtikçe, her ne kadar Balkanlar ve Ruanda'da "etnik temizlik" gibi korkunç olaylar halen bizimle olsa da, tüm dünyaya yayılan bir adalet duygusunun gittikçe arttığını görmekteyiz. Roma döneminde, o güne kadar ortaya çıkmış en zeki beyinlerden bazıları, kelimenin tam anlamı ile insanların hayatları için birbirleri veya vahşi hayvanlarla savaşmalarını oturup seyretmeyi, mükemmel bir öğleden sonra eğlencesi olarak görüyorlardı. Bugün bu gezegende bunun barbarca olmadığını düşünen hiçbir kültür yoktur. Benzer biçimde, insan kurban etmek bir zamanlar birçok toplumun önemli bir bileşeniydi. Neyse ki bu da artık ortadan kalktı. Günümüzde birçok ülkede, kadın-erkek eşitliği tartışmasız kabul görmektedir. Zengin uluslar, fakir olanları sömürmekten çok yardım etme sorumluluklarının farkına varmaktadırlar. Daha çok hayvanlara nasıl davrandığımız konusunda endişelenmekteyiz. Bu değişimler genlerimizin neden olacağından çok daha hızlı ortaya çıktıklarından, hiçbirinin evrimle ilgisi yoktur. Öyle ise, her ne türlü genetik mirasa sahip olursak olalım, bu bizi sonsuza kadar atalarımızın "vahşi" tarzına hapseden bir deli gömleği değildir. Evrim bize nereden geldiğimizi söyler, nereye gideceğimizi değil!

Evrimin amaçsız ve maddeci bir şekilde çalışması, bizim yaşantımızın bir amacı olmadığı anlamına gelmez. Düşüncelerimiz ister dinsel ister seküler olsun, kendi amaçlarımız, anlam ve etiğimizi oluşturmaktayız. Birçoğumuz işimizde, ailemizde ve hobilerimizde anlam buluruz. Müzik, sanat, edebiyat ve felsefede teselli ve ruhumuzun gıdası vardır.

Birçok bilim insanı evrenin gizemleri ve ondan anlam çıkarma yetimiz üzerine düşünmeyi sonsuz ruhsal bir tatmin olarak gördüler. Albert Einstein çoğu kez yanlış biçimde geleneksel anlamda inançlı olarak tanımlandı; ancak doğayı çalışmayı ruhsal bir deneyim olarak gördü:

> Deneyimleyebileceğimiz en makul şey gizemdir. Gerçek sanat ve gerçek bilimi besleyen bu temel duygudur. Bu duyguyu bilmeyen biri, artık merak etmez, artık şaşkınlık duymaz, sönmüş bir mum kadar ölüdür. Dini doğuran–korkuyla karışık bile olsa–gizemi deneyimlemedir. Sadece en basit biçimlerine aklımızla ulaşabildiğimiz, nüfuz edemedi-

ğimiz bir şeylerin bulunuşu bilgisi, en kapsamlı neden ve en parlak güzelliğin ortaya çıkması–işte tamamen dinsel tutumu oluşturan bu bilgi ve bu duygudur; bu anlamda, ve sadece bu anlamda derin bir şekilde dine inanan bir insanım...Doğada kendi kendini ifade eden aklın en küçük bir parçasını anlamak için gösterilen olağanüstü çaba ile birlikte, sonsuz yaşamın gizemi ve gerçekliğin olağanüstü yapısının işareti benim için yeterlidir.

Ruhsal dünyamızı bilimden almak ayrıca evren önünde aşağılanma duygusu tatmayı ve hiçbir zaman bütün cevaplara sahip olamayacağımız olasılığını kabul etmek anlamına gelir. Fizikçi Richard Feynman bunu benimseyen biriydi:

Cevabı bilmek zorunda değilim. Şeyleri bilmemekten, hiçbir amacım olmadan gizemli bir evrende kaybolmaktan korkmuyorum, bu gerçekten de söyleyebileceğim yoldur. Bu beni korkutmuyor.

Fakat herkesin böyle hissetmesini beklemek veya *Türlerin Kökeni*'nin İncil'in yerini tutuğunu varsaymak aşırı iyimserliktir. Nispeten sadece az sayıda insan doğanın gizemlerinden devamlı moral ve destek alabilir; daha da azı bu gizemlere kendi araştırmaları nedeniyle yenilerini ekleme ayrıcalığına sahiptir. Britanyalı Romancı Ian McEwan bilimin geleneksel dinin yerine geçememe başarısızlığına sitem eder:

Seküler ve bilimsel kültürümüz bu tam zıt doğaüstü düşünce sistemlerinin yerini alamadı veya mücadele bile edemedi. Genel olarak bilimsel yöntem, şüphecilik veya rasyonellik insanların hayatlarına anlam veren eski hikâyelerle yarışmak için yaygın cazibe, basitlik ve etkin gücünün kapsamlı anlatımını bulmak zorundadır. Doğal seçilim, dünyadaki yaşamın içindeki bütün çeşitliliğin güçlü, zarif ve ekonomik bir açıklayıcısıdır ve muhtemelen rakip yaradılış hikayesinin tohumlarını içermesi, doğru oluşuna güç katar–fakat ilhamlı birleştiricisini, şairini ve Milton'unu beklemektedir.... Mantık ve hikâye huzursuz yatak arkadaşları olarak kalırlar.

Ben kesinlikle Darwinizm'in Milton'u (John Milton, 1608-1674 yılları arasında yaşamış İngiliz şair, Ç.N.) olmak iddiasında değilim. Fakat en azından evrimden ve tek bir çıplak kendini çoğaltan molekülden yaşamın inanılmaz çeşitliliğinin şaşırtıcı türeyişinden ürken insanların yanlış anlamalarını gidermeye çalışabilirim. Bu yanlış inanışlardan en büyüğü evrimi kabul etmenin bir şekilde toplumumuzu böleceği, ahlakımızı aşındıracağı, canavar gibi davranmaya zorlayacağı ve Hitler ve Stalinler'in yeni nesillerini yetiştireceğidir.

Sakinlerinin evrimi bütünüyle benimsediği halde uygar kalmayı başarmış olan birçok Avrupa ülkesinden bildiğimiz gibi, böyle olmamaktadır. Evrim ne etik ne de etik dışıdır. Sadece ondan ne anladığımız ve ne anlayacağımızdır. Ben basit ve olağanüstü olan iki şey anlayabileceğimizi göstermeye çalıştım. Eylemlerimizi sınırlamanın ötesinde, evrim çalışarak zihnimizi özgürleştirebiliriz. İnsanoğlu evrimin büyük dallı ağacında sadece küçük bir filiz olabilir, fakat biz çok özel bir hayvanız. Doğal seçilim beynimizi şekillendirdikçe, önümüze bütünüyle yeni bir dünya açtı. Biz hastalıklar, sıkıntılar ve besin için devamlı gezinme belası ile uğraşan atalarımıza göre, sınırsız bir şekilde yaşamımızı nasıl geliştireceğimizi öğrendik. En yüksek dağların üzerinden uçabilir, derin deniz diplerine dalabilir, hatta diğer gezegenlere seyahat edebiliriz. Estetik tutkular ve duygusal gereksinimlerimizi tatmin etmek için senfoniler, şiirler ve kitaplar üretiriz. Hiçbir başka tür böylesi şeyler yapmanın kıyısına uzaktan bile yaklaşamadı.

Fakat daha da harikulade olan şudur. Doğal seçilimin, evreni yöneten yasaları anlamaya yeterli karmaşık bir beyin miras bıraktığı tek canlıyız. Nasıl oluştuğumuzu anlayabilen tek tür olmaktan gurur duymalıyız.

Dipnotlar

1. Modern evrim kuramı, Darwin'in ilk önerdiğinin çok ötesine geçmiş olmasına rağmen (örneğin Darwin DNA ve mutasyonlar konusunda hiçbir şey bilmiyordu), hala "Darwinizm" olarak adlandırılmaktadır. Bu türden bir ad vermeye bilimde pek rastlanmaz: Klasik fiziği "Newtonizm" veya görelilik kuramını "Einsteinizm" olarak adlandırmıyoruz. Darwin o kadar doğru ve *Türlerin Kökeni*'nde o kadar çok şey ortaya koymuştu ki, birçok kişi için evrimsel biyoloji onun adı ile eşanlamlı hale geldi. Bu kitap boyunca bazen "Darwinizm" terimini kullanacağım, ancak bununla "modern evrim kuramını" kastettiğimi akılda tutunuz.
2. Kibrit kutuları gibi olmayan insan dilleri, bazılarının birbirlerine (İngilizce ve Almanca) diğerlerine göre (örneğin Çince) oldukça benzedikleri iç içe yuvalanmış bir hiyerarşi gösterirler. Gerçekten de, kelime ve gramerin benzerliği temelinde dillerin evrimsel bir ağacını inşa edebiliriz. Dillerin oldukça düzenli olmalarının nedeni, zaman içinde giderek değişmeleri ve insanlar yeni alanlara göç ettikçe ve birbirleriyle bağlantılarını kaybettikçe farklılaşarak kendilerine özgü bir evrimsel biçim kazanmalarıdır. Türler gibi diller de türleşme ve ortak ataya sahiptirler. Bu analojiyi ilk fark eden Darwin'di.
3. Yünlü mamutlar muhtemelen atalarımız tarafından aşırı avlanarak yaklaşık 10 bin yıl önce yok edildiler. Donduğu için oldukça iyi korunmuş olan en az bir eski örneğin eti New York'ta, 1951 yılında, bir Kâşifler Kulübü yemeğinde servis edildi.
4. Atasal memelilerin testislerini yetişkin evrelerinde de karınlarında tutmuş olmaları olasıdır (platypus ve filler gibi bazı memelilerde hala böyledir) ve bu bize neden evrimin testisleri vücut dışında kolayca yaralanabilecekleri bir pozisyona göçmesini desteklediği sorusunu sordurur. Cevabı henüz bilmiyoruz, fakat sperm yapımında işe karışan enzimlerin açıkça iyi çalışmıyor olmaları bir ipucudur (bu nedenle doktorlar baba adaylarına seksten önce sıcak duştan kaçınmaları gerektiğini önerirler). Memelilerde sıcakkanlılık evrimleştiğinde, bazı gruplarda testislerin aşağı göçmeye zorlanmış olmaları olasıdır. Dışsal testis evriminin başka nedenleri olması da mümkündür. Ba-

sitçe, sperm yapımında görevli enzimler yüksek sıcaklıklarda çalışma yeteneğini kaybetmiş olabilirler.

5. Evrim karşıtları sıklıkla evrim kuramının yaşamın nasıl açığa çıktığını açıklamak zorunda olduğunu ve buna henüz cevabı olmadığı için Darwinizm'in başarısız olduğunu iddia ederler. Bu itiraz konuyu yanlış yöne sevk etmedir. Evrim kuramı sadece yaşam (benim kendini çoğaltabilen organizma ve moleküller olarak tanımlayacağım) açığa çıktıktan sonra ne olduğu ile ilgilenir. Yaşamın kökeninin kendisi sadece evrimsel biyolojinin değil, kimya, jeoloji ve moleküler biyolojiyi kapsayan bilimsel bir alan olan abiyogenezin konusudur. Bu alan emekleme çağında olduğundan ve henüz az sayıda soruya cevap verebildiğinden, yaşamın dünya üzerinde nasıl açığa çıktığı konusunda her hangi bir tartışmaya bu kitapta yer vermedim. Bu konuda birçok yarışan hipotez için Robert Hazen'in *Gen*e*sis: The Scientific Quest for Life's Origin* kitabına bakınız.

6. Yaşam tarihinin ilk yarısı boyunca türlerin sadece bakteriler olduğunu not ediniz. Karmaşık çok hücreli organizmalar yaşam tarihinin son % 15'lik kısmına kadar görülmezler. Aşina olduğumuz birçok canlının ne kadar yakın zamanda açığa çıktığının evrimsel bir zaman hattını gerçek ölçeğinde görmek için http://andabien.com/html/evolutiontimeline.htm sayfasına gidiniz ve kaydırmaya devam ediniz.

7. Yaradılışçılar sıklıkla ayrı yaratılan (Bkz. *Genesis* 1: 12-25) fakat içinde bir miktar evrime izin verilen gruplara atıfta bulunmak için bir İncil kavramı olan "çeşit" kavramını kullanırlar. "Çeşiti" açıklarken bir yaratılışçı web sitesi "Örneğin güvercinlerin birçok türü bulunabilir. Fakat yine de güvercindirler. Bu yüzden güvercinler bir hayvan (gerçekte kuş) 'çeşidi' olacaklardır." Böylece çeşitler içerisinde mikro-evrime izin verilir, fakat çeşitler arasında makroevrim olmaz ve olmayacaktır. Diğer bir deyişle, bir "çeşidin" üyeleri ortak bir ataya sahiptirler, fakat farklı çeşitlerin üyeleri değillerdir. Problem yaradılışçıların çeşitleri tanımlamak için hiçbir ölçüt vermemeleridir (Çeşitler biyolojik cinslere mi, familyalara mı, karşılık gelmektedir ya da bütün sinekler bir çeşide mi, farklı çeşitlere mi aittirler?) Bu yüzden evrimsel değişmeye sınır olarak neyi gördüklerini değerlendiremeyiz. Fakat yaradılışçılar bir şey üzerinde tamamen hemfikirdirler: *Homo sapiens* kendi başına bir çeşittir ve bu yüzden yaratılmış olmak zorundadır. Henüz evrimsel değişimin sınırlı olabileceğini gösteren ne kuram da ne de evrimden elde edilen veride bir şey bulunmamıştır. Görebildiğimiz kadarı ile makroevrim açıkça mikro-evrimin uzun zamana yayılmış halidir. (Bkz. Yaradılışçıların çeşitli görüşü için http://www.clarifyingchristianity.com/creation.shtml ve http://www.nwcreation.

net/biblicalkinds.html, karşıt görüş için de bkz. http://www.geocities.com/CapeCanaveral/Hangar/2437/kinds.htm).

8. Paleontologlar günümüzde bütün theropodların–ve bu ünlü *Tyrannosaurus rex*'i de kapsamaktadır–bazı telek formları ile kaplı olduğunu düşünmektedirler. Bunlar genellikle müze yapılandırmaları veya Jurassic park gibi filmlerde gösterilmezler. Tüylerle kaplı olduğunu öğrenmek *T. rex*'in korkunç ününü arttırmayacaktır!
9. *Sinornithosaurus*'un ilk örneği olan "Dave"in nasıl bulunduğu ve hazırlandığının kapsamlı bir tanıtımı için bkz. http://www.amnh.org/learn/pd/dinos/markmeetsdave.html.
10. *NOVA Microraptor gui*'nin bulunşu ve daha sonra uçması üzerine tartışmaları belgelendiren mükemmel bir televiyon programı yaptı. "Dört Kanatlı Dinazor" çevrimiçi http://www.pbs.org/wgbh/nova/microraptor/program.html de görülebilir.
11. Nefes kesen yakın zaman bir başarı da bilim insanlarının 68 my yaşındaki *T. rex* fosillerinden kollajen proteininin bir parçasını elde etmeleri ve bu parçanın amino asit dizilerini saptamalarıdır. Analiz sonuçları *T. rex*'in yaşayan tüm diğer omurgalılara göre en çok yaşayan kuşlara (tavuk ve devekuşları) yakın akraba olduğunu gösterdi. Bu örüntü bilim insanlarının uzun süreden beri tahmin ettiklerini doğruladı: Kuşaları oluşturan soy hattı hariç, tüm dinazorlar yok olmuştur. Giderek artan ölçüde biyologlar kuşların, açıkça oldukça değişmiş dinazorlar olduklarını kabul etmektedirler. Gerçekten de kuşlar çoğunlukla dinazor olarak *sınıflandırılırlar*.
12. Balina DNA ve protein dizileri bütünüyle fosil kanıtlarla uyumlu olarak memeliler içerisinde çifttırnaklılarla en yakın akraba olduğunu göstermektedir.
13. Bir kartaldan kaçmak için bir cüce su geyiğinin suya dalışını görmek için http://www.youtube.com/watch?v=13GQbT2ljxs'a gidiniz.
14. Ancak çalışma yayınlandı ve farklı koşma tarzlarına rağmen, devekuşları ve atların aynı mesafeyi koşmak için benzer miktarda enerji kullandıklarını gösterdi: M. A. Fedak ve H. J. Seeherman (1981). Hareketin enerjetiğini yeniden elealan bir yayın devekuşu ve atları kapsayan iki ayaklılarda ve dört ayaklılarda maliyetin aynı olduğunu göstermektedir. *Nature* 282: 713-716.
15. Bu video çiftleşmede kanatların nasıl kullanıldığını göstermektedir: http://revver.com/video/213669/masai-ostrich-mating/.
16. Dış kulakları bulunmayan balinalarda, hepsi karasal memeli atalarından miras işlevsiz kulak kaslarına (ve bazen küçük kullanışsız kulak açıklığına) sahiptirler.
17. Bildiğim kadarıyla yalancı genler asla yeniden dirilmezler. Bir gen bir kez onu etkinsizleştiren bir mutasyon geçirdiğinde, şifreledikleri proteini yap-

makta kullandıkları bilginin daha fazla bozulmasına neden olacak şekilde, başka mutasyonları hızla biriktirirler. Tüm bu mutasyonların geni uyandırmak yönünde geriye tekrar düzelmesi şansı neredeyse sıfırdır.

18. Öngörülebilir şekilde zamanlarının bir kısmını karada geçiren deniz aslanları gibi sucul hayvanlar, muhtemelen hala havadaki kokuları almaya ihtiyaç duyduklarından balina veya yunuslardan daha çok etkin OR genlerine sahiptirler.
19. Yaradılışçılar çoğunlukla Haeckel'in "hatalı çizimini genel olarak evrime saldırmak için bir araç olarak kullanırlar. Evrimcilerin doğru olmayan Darwinizmi desteklemek için gerçekleri çarpıtabileceklerini iddia ederler. Fakat Haeckel'in hikâyesi o kadar basit değildir. Haeckel yanlış bilgi vermekten değil, sadece özensizliği nedeniyle suçlanabilir: "aldatmacası" sadece üç farklı embriyo çizmek için aynı tahta kalıbı kullanmasından kaynaklanmaktadır. Buna bir açıklama istendiğinde hatasını kabul etmiş ve düzeltmiştir. Açıkça embriyoların olduklarından daha benzer görünmelerini sağlamak için görünüşlerini bilinçli olarak çarpıttığı konusunda kanıt yoktur. R.J. Richards (2008, bölüm8) hikâyenin tamamını anlatmaktadır.
20. Atalarımız bize birçok diğer acı bıraktılar. Hemaroit, sırt ağrıları, hıçkırık ve iltihaplanan apandis–Tüm bu hastalıklar evrimimizin mirasıdır. Neil Shubin bunları ve birçok diğerlerini *İçinizdeki Balık* (*Your Inner Fish)* kitabında tanımlar.
21. Ünlü ilk mısrası ile William Cowper'ın "Alexander Selkirk'in Yalnızlığı" şiirine de ilham kaynağı olmuştur.

Gördüğüm tüm şeylerin hakimiyim;
Gücüme karşı koyacak kimse yoktur;
Tüm etrafimdaki denizin ortasında
Kuşlar ve hayvanların efendisiyim.

22. Son 150 my boyunca kıtaların kayması animasyonu için bkz. http://mulinet6.li.mahidol.ac.th/cdrom/cdrom0309t/Evolution_files/platereconanim.gif. Dünyanın bütün tarihi için daha kapsamlı animasyonu için bkz. http://www.scotese.com/.
23. Bu deyim şüphesiz Tennyson'un en ünlü şiiri "In Momeriam A.H.H." (1850)'den gelir:

Tanrıya güvenen aşkdı gerçekten
Ve aşk yaradanın son yasası
Doğanın dişleri ve pençesi kanlı olsada
İnancına karşı derinden bir çığlık

24. Japon eşek arılarının yerli olmayan balarıları üzerinde avlanması ile kendini savunan Japon balarıları tarafından kavrularak öldürümeleri üzerine grafik bir video http://www.youtube.com/watch?v=DcZCttPGyJ0 de görülebilir. Bilim insanları yakın zamanlarda balarılarının eşek arılarını öldürmek için diğer bir yol–boğarak öldürme–kullandıklarını buldular. Kıbrıs'taki yerli arılar da saldırgan eşek arıları etrafında bir yumak oluşturular. Eşek arıları havayı vücutlarına küçük açıklıklardan pompalamak için abdomenlerini büzüp genişleterek nefes alırlar. Sıkı arı yumağı eşek arısının nefessiz kalacağı şekilde abdomenlerinin bu hareketini önler.
25. Carl Zimmer'in *Parazit Rex* kitabı parazitlerin konaklarını yönlendirmek için evrimleştirdikleri birçok diğer hayret verici ve (korkutucu) yolu ayrıntılı olarak anlatır.
26. Bu hikâyenin neredeyse bunun kadar şaşırtıcı olan diğer bir şekli vardır. Zamanlarının çoğunu ağaçlarda geçiren bu karıncalar süzülme yeteneğini evrimleştirmişlerdir. Bir daldan düştükleri zaman tehlikeli orman tabanına inmek yerine, güvenli ağaç gövdesine geri dönmek için havada manevra yapabilirler. Düşmekte olan bir karıncanın süzülmesine yön vermeyi nasıl kontrol ettiği henüz bilinmemektedir. Ancak bu olağanüstü davranışın videosunu http://www.canopyants.com/video1.html de görebilirsiniz.
27. Yaradılışçılar bazen bu dile, yani kısadan uzun dile ara formun kabulen uyumsal olmayacağı için, evrimin mümkün olmayan bir özellik örneği olarak atıfta bulunurlar. Bu varsayım temelsizdir. Uzun dilin tanımı ve doğal seçilim yoluyla muhtemelen nasıl evrimleştiğini görmek için bkz. http://www.talkorigins.org/faqs/woodpecker/woodpecker.html.
28. Ben yazarken, Neandertal kemiklerinden elde edilen DNA'nın bu genin diğer bir açık renklilik formunu içerdiğini gösteren bir rapor ortaya çıktı. Öyle ise, bazı Neandertal'lerin kızıl saçlı olmuş olmaları olasıdır.
29. Başarılı bir şekilde melezlendikleri için farklı soylarının hepsi *Canis lupus familiaris* türü altında ele alınırlar. Eğer sadece fosil olarak bulunuyor olsalardı dikkate değer farklılıkları nedeniyle bunların çiftleşmelerini engelleyen bazı genetik bariyerler olduğu sonucuna varmamıza yol açacaktır. Bu nedenle farklı türleri temsil ettiklerini söyleyecektik.
30. Böcekler de bitki türlerinin farklı kimyasallarına uyum sağlamışlardır. Bu durumda böceğin her yeni formu, şimdi eski sabun ağacından daha fazla istila ettiği yeni gelen bitkide en iyi gelişir.
31. Kanın nasıl pıhtılaştığının ve kamçının seçilimle nasıl evrimleşmiş olabileceğinin betimi için Kenneth Miller'in kitabı olan *Sadece Bir Teori (Only a Theory)* kitabı yanında M.J. Pallen ve M.J. Matzke (2006)'ya bakınız.
32. Çayır tavuğunun lekte dişiler önündeki gösterisini görmek için http://www.youtube.com/watch?v=qcWx2VbT_j8 'ya gidiniz.

33. Şimdiye kadar tanımlanan en eski eşeysel üreyen tür uygun bir biçimde adlandırılan bir kırmızı alg olan *Bangiomorpha pubescens*'dir. 1.2 milyar yıl önceki fosillerinde her iki eşey açıkça görülmektedir.
34. Erkekler ve dişiler arasındaki üreme başarısı *varyansı* konusunda konuştuğumuzu hatırda tutmak önemlidir. Aksine, dişi ve erkelerin *ortalama* üreme başarısı eşit olmak zorundadır. Çünkü her yavru bir ana ve bir babaya sahip olmak zorundadır. Erkeklerde bu ortalamayı birkaç erkeğin çoğu yavruya baba olduğu, diğerlerinin babalık şansı bulamadığı durum oluşturur. Diğer taraftan her dişi kabaca aynı sayıda yavru sahiptir.
35. Zorladığınızda yaradılışçılar eşeysel iki-biçimliliği yaratıcının gizemli hikmetlerinden biri olarak açıklarlar. Akıllı tasarımın savunucularından Phillip Johnson *Darwin on Trial* (Yargılanan Darwin) kitabında evrimci Douglas Futuyma'nın sorusuna cevap verir: "Yaradılışçı bilim insanları, gerçekten yaratıcılarının onu leoparlar için kolay bir av yapan 180 cm'lik hantal bir kuyruğu olmadan üreyemeyen bir kuş yaratmayı uygun gördüğünü düşünmektemidirler?" Johnson cevap verir: "Yaradılışçı bilim insnlarının ne düşündüğünü bilmiyorum. Fakat bana öyle geliyorki tavuz kuşu ve onun dişisinin, doğal seçilim gibi duygusuz mekanik süreçle oluşması asla mümkün olmayacak olan, sadece hikmetli yaratıcının yarattığı iki çeşit olduğudur." Ancak eşeysel seçilim gibi iyi anlaşılmış ve *sınanabilir* bir hipotez, şüphesiz bir yaratıcının anlaşılmaz kaprisleri için ürettiği sınanamaz arzusunu gölgede bırakır.
36. Eğer dişilerin ifade edilmeyen özellikler için bir tercihi varsa, böylesi özelliklerin erkeklerde neden asla evrimleşmediklerini sorabilirsiniz. Açıklamalardan birisi basitçe doğru mutasyonların olmayışıdır. Diğeri doğru mutasyonların *oluştuğu*, fakat erkeğin eş çekme yeteneğini arttırmasından çok hayatta kalma başarısını düşürdüğüdür.
37. Bu uyuşmanın sadece insan beyninin, aynı keyfi noktada aslında kesintisiz bir birlik olan kuşları bölebilmek için, nörolojik olarak donatıldığını gösterdiğini söyleyerek karşı çıkabilirsiniz. Fakat bu itiraz *kuşların kendilerinin de* aynı kümeleri tanıdıklarını hatırladığınızda gücünü kaybeder. Üremeye gelindiğinde, bir bülbül erkeği bir serçe, sığırcık veya karga dişisiyle değil, sadece bülbül dişilerine kur yapar. Diğer hayvanlar gibi kuşlar da farklı türleri tanımada oldukça iyilerdir!
38. Örneğin, oluşan türlerin % 99'u yok olmuşsa, yaşayan 100 milyon türü oluşturmak için halen her 100 milyon yılda bir yeni tür açığa çıkaran bir türleşme hızına ihtiyaç duyarız.
39. Bilimin jeoloji, biyoloji ve astronomiden eski kanıtları nasıl yeniden yapılandırdığının parlak bir sunumu için bkz. C. Tunney. 2006. *Bones, Rocks, and Stars: The Science of When Things Happened.* MacMillan, New York.

40. İşte size allopoliploid yeni türlerin nasıl oluştuklarının daha ayrıntılı bir betimi. Bu süreci anlamak çok zor olmamakla birlikte, bir kaç sayıyı dikkatle izlemeyi gerektirdiğinden benimle kalın. Bakteri ve virüsler hariç her tür, her bir kromozomun iki kopyasını taşır. Örneğin biz insanlar, 22 çift *homolog* artı iki eşey kromozomu (dişilerde XX ve erkeklerde XY) olmak üzere 46 kromozoma sahibiz. Her bir kromozomun çiftinin bir üyesi ana, diğeri baba yoluyla aktarılır. Bir türün bir bireyi gamet oluşturduğunda (hayvanlarda sperm ve yumurta, bitkilerde polen ve yumurta), homologlar bir birlerinden ayrılır ve her bir çiftin sadece bir üyesi sperm, yumurta, polene gider. Fakat bundan önce homologlar uygun biçimde ayrılabilmek için çift oluşturacak şekilde dizilmek ve eşleşmek zorundadırlar. Eğer kromozomlar uygun biçimde eşleşemezlerse, birey gamet oluşturamaz ve kısır olur.

Eşleşmedeki bu başarısızlık allopolyploid türleşmenin temelini oluşturur. Örneğin bir bitki türünün (hayali olsun ve A olarak adlandıralım) üç homolog çiften oluşan 6 kromozomu olduğunu varsayalım. Yine diğer akraba bir B türünün 10 kromozomu (beş çift) olduğunu düşünelim. Bu iki tür arasındaki bir melez, 3 kromozomu A türünden 5 kromozomu B türünden alarak (her türün gametlerinin kromozomların sadece yarısını taşıdığını hatırlayınız) 8 kromozomlu olacaktır. Bu melez yaşayabilir ve dayanıklı olabilir, fakat polen veya yumurta oluşturmaya çalıştığında, zorlukla karşılaşır. Bir türün 5 kromozom diğer türün 3 kromozomu ile çift oluşturmaya çalıştığında bir karmaşa doğar. Gamet oluşumu engellenir ve melez kısırdır.

Fakat bu melezin bir şekilde basitçe, sekizden on altıya şekilde *tüm* kromozomlarını iki katına çıkardığını varsayalım. Bu yeni süper melez uygun kromozom eşleşmesi yapabilecektir: A türünün 6 kromozomu ve aynı şekilde B türünün 10 kromozomu kendi homologlarını bulacaklardır. Eşleşme uygun şekilde gerçekleştiğinden, süper melez, 8 kromozom taşıyan yumurta ve polenler üretecek şekilde, üretken olacaktır. Bu süper melez Yunanca "farklı" ve "çok-katlı" anlamında, teknik olarak *allopolyploid* olarak bilinir. Her iki ebeveyn türün (A ve B) bütün genetik materyalini 16 kromozomunda taşımaktadır. Bir şekilde her iki ebeveyn tür arasında bir ara forma benzemesini bekleyebiliriz. Özelliklerinin yeni bir bileşimi yeni bir ekolojik nişte yaşamasını olanaklı kılabilir.

Bu AB poliploidi sadece üretken olmayıp, diğer bir benzer poliploid ile eşleştiğinde döller üretebilecektir. Her ebeveyn tohuma 8 kromozom katkı yapacaktır. Tıpkı ebeveynleri gibi 16 kromozomlu AB bitkileri oluşacaktır. Böylesi poliploidlerin bir grubu kendilerini devam ettiren ve üreyebilen bir populasyon oluştururlar.

Ayrıca bu yeni bir tür olacaktır. Neden? Çünkü AB poliploidi iki ebeveyn türünden üreme bakımından yalıtıktır. Eğer A veya B türlerinden biriyle melezlenirlerse, dölleri kısır olur. A türü ile melezlendiğini düşünün. Poliploidimiz beşi A türünden, üçü B türünden sekiz kromozomlu gametler oluşturacaktır. Bu gamet 3 kromozomlu A türünün gameti ile kaynaşacaktır. Bu birleşmeden oluşan bitki 11 kromozomlu olacaktır. Bu bitkide A kromozomları eşleşebilirken, B kromozomlarının eşleşebileceği homolog kromozomlar olmayacağı için kısır olacaktır. Benzer bir durum AB poliploidi B türü ile çiftleştiği zaman da görülür: A'nın 5 kromozomu gamet oluşumu esnasında eşleşemezler.

Bu durumda yeni poliploid, kendisinin doğuşunu sağlayan her iki atasal türden biriyle eşleştiğinde sadece kısır melezler üretir. Ancak popliploidler kendi aralarında çiftleştiklerinde, ebeveynlerinin tüm 16 kromozomuna sahip olduklarından, yavruları üretken olacaktır. Diğer bir deyişle, tamda ayrı bir biyolojik türü tanımlayacak şekilde, poliploidler diğer populasyonlardan üreme bakımından yalıtık olarak bir üreme grubu oluştururlar. Bu tür coğrafik bir yalıtım olmaksızın açığa çıkmıştır. Eğer iki tür bir melez oluşturuyorsa, aynı yerde yaşama zorunluluğu nedeniyle bu bir gerekliliktir.

Poliploid tür en başta nasıl oluşur? Burada iki ebeveyn tür arasında bir melez oluşumu ve bu melezlerin nadir olarak iki kat kromozom sayısına sahip yumurta ve polenler (bunlar *indirgenmemiş gametler* olarak adlandırılır) oluşturmak için bir seri basamaklardan geçmeleri gerektiğini söylemek hariç, karmaşık ayrıntılara girmeye ihtiyaç yoktur. Bu gametlerin birleşmesi sadece iki nesilde bir poliploid bireyi üretir. Tüm bu basamaklar hem seralarda hem de doğada belgelendirilmiştir.

41. Otopoliploidinin bir örneği olarak, bir bitki türünün üyelerinin 14 kromozom veya 7 çift kromozoma sahip olduğunu kabul edelim. Bir birey ara sıra 7 kromozom yerine tüm 14 kromozom bulunduran indirgenmemiş gametler üretebilir. Eğer bu gamet aynı türün diğer bir bireyinden normal, 7 kromozomlu gametle birleşirse, 21 kromozomlu yarı-kısır bir bitki elde ederiz: Normal iki homolog takım yerine 3 kromozom takımı eşleşmeye çalıştığı ve bu iyi işlemediği için melezler çoğunlukla kısırdır. Fakat eğer bu birey yine, aynı türün normal gametleri ile birleşen 21 kromozomlu indirgenmemiş birkaç gamet üretirse, 28 kromozomlu bir otopoliploid bireyine sahip oluruz. Ebeveyn genomunun iki tam kopyasını taşırlar. Böylesi bireylerden oluşan bir populasyonda yeni bir tür olarak ele alınabilir. Çünkü sadece benzer otopoliploid bireylerle üreyebilirler; fakat diğer ebeveyn türlerle çiftleştiklerinde 21 kromozomlu bireyler üreteceklerinden çoğunlukla kısır olurlar. Bu oto-

poliploid tür, tek ebeveyn türünün bir üyesi ile aynı genlere sahiptir fakat iki kat miktarda değil dört kat miktarda.

Yeni oluşmuş olan otopoliploid ebeveyn türünün genlerinin aynısını taşıdığından çoğunlukla ebeveyn türüne benzer. Yeni türün bireylerini tanımlamak için bazen kromozom sayılarını mikroskop altında saymak ve ebeveyn türün iki katı kadar kromozoma sahip olduğunu görmek gerekir. Ebeveyn türlerine benzedikleri için şüphesiz birçok doğada bulunan otopoliploid tür henüz tanımlanamamıştır.

42. Her ne kadar "gerçek zamanda" poliploid olmayan türleşmeleri görmek nadir olsa da, en azından bir tanesi ikna edici görünmektedir. Bu Londra'da, genellikle alt-tür olarak adlandırılan fakat büyük ölçüde üreme yalıtımı gösteren, iki grup sivrisineği kapsamaktadır. *Culex pipiens pipiens* en yaygın şehir sivrisineğinden biridir. En bilindik kurbanları kuşlardır ve birçok sivrisinek türünde olduğu gibi, dişiler ancak kan ile beslendikten sonra yumurta bırakırlar. Kışın erkekler ölür fakat dişiler kışlama benzeri bir evre olan "diyapoza" girerler. Çiftleşme döneminde *pipiens,* erkek ve dişilerin kitleler halinde çiftleştikleri büyük sürüler oluştururlar.

On beş metre aşağıda, Londra metrosunun tünellerinde yakın akraba bir alt-tür yaşar: Adını memelileri, özelliklede metroyu kullananları ısırmasından alan *Culex pipiens molestus.* (II. Dünya Savaşı Yıldırım harekatının hava saldırıları sırasında binlerce Londralının metro istasyonlarında yatmak zorunda kaldığı dönemde gerçekten de çok rahatsız edici hale geldiler.) Sıçan ve insan kanıyla beslenmekle beraber, *molestus* yumurta bırakmak için kan emmeye ihtiyaç duymaz ve orta sıcaklıklı tünellerin yerleşimcilerinden bekleneceği gibi kapalı alanlarda çiftleşir ve kış boyunca diyaposa girmez.

Bu iki türün çiftleşme şekillerindeki farklılık, hem doğa hem de laboratuvarda iki form arasında güçlü eşeysel yalıtıma yol açar. Bu iki form arasındaki aşırı genetik farklılaşma ile birlikte değerlendirildiğinde, her birinin farklı türler haline gelmek için kendi yollarında ilerledikleri sonucu çıkar. Geçekten de bazı entomologlar artık bunları bu şekilde–*Culex pipiens* ve *Culex molestus* türleri olarak–sınıflar. Metronun yapımı 1860'dan önceye gitmediğinden ve birçok hat 100 yıldan daha yeni olduğundan, bu "türleşme" olayı hatırladığımız bir dönemde açığa çıkmış olmalıdır. Ancak bu hikayenin kusursuz olmayışının nedeni benzer bir tür çiftinin New York'ta da bulunmasıdır: Biri yer üstünde diğeri metro tünellerinde. Her iki tür çiftinin, dünyanın başka yerlerinde yaşayan benzer ve uzun süre önce ayrılmış birer çifti temsil ettikleri, her birinin Londra ve New York'ta kendi habitatlarına yerleşmiş olmaları olasıdır. Bu problemin üstesinden gelmek için ihtiyacımız

olan ve henüz yapılmamış, bu sivrisineklerin DNA tabanlı iyi bir aile ağacıdır.

43. Bu grup eskiden *hominidler* olarak adlandırılırdı, fakat bu terim günümüzde insanlar, şempanzeler, goriller, orangutanlar ve tüm bunların atalarını kapsayacak şekilde tüm modern ve yokolmuş büyük insansı maymunlar anlamında kullanılır.

44. Paleoantropoloji'nin rekabetçi doğasına ilişkin dolaylı bir bilgi *Sahelanthropus*'un keşfi, hazırlanması ve tanımlanmasına katkı sunan insanların sayısından gelir: yayın tek bir kafatası için 38 yazarı olduğunu bildirir!

45. http://www.youtube.com/watch?v=V9DIMhKotWU&NR=1 bir şempanzenin iki bacak üzerinde acemice yürümesini gösterir.

46. Ayak izleri ve nasıl yapıldıklarının bir video klipi için bkz. http://www.pbs.org/wgbh/evolution/library/07/1/l_071_03.html

47. İlkinin *Homo erectus*'un yayılışı olduğu, bu insan soy hattının aslında *ikinci kez* Afrika'dan göç ettiğini not ediniz.

48. Yaradılışçıların insan fosil kayıtlarını nasıl irdeledikleri üzerine bir tartışma için bkz. http://www.talkorigins.org/faqs/homs/compare.html

49. Çoğu primatın aksine, insan dişisi yumurtaladığı zaman hiçbir görünür işaret vermez. (Örneğin dişi babunlar, üretken oldukları zaman eşey organları şişer ve rengi kırmızıya döner). İnsan dişisinde gizli üreme döneminin neden evrimleştiği konusunda bir düzine hipotez vardır. En meşhur olanı eşlerini süreklilik ve çocuk bakımı için yanlarında tutmak için bir dişi stratejisi olduğudur. Eğer erkek karısının ne zaman üretken olduğunu bilmez ve baba olmak istiyorsa, eşinin yakınında bulunmalı ve eşiyle sık sık birlikte olmalıdır.

50. *FOXP2*'nin bir konuşma geni olduğu düşüncesi, insan soy hattındaki olağanüstü hızlı evrimi, genin mutant formunun insanların konuşma ve anlama yetisini etkilemesi ve fare yavrularındaki benzer mutasyonların ses çıkarma yetisini yok etmesi gözlemlerinden gelmektedir.

51. Aslında, en az bir kez denenmiştir. Hüneri yapay döllenme ile hayvan melezleri yapmak olan tuhaf Rus biyolog Ilya Ivanovich Ivanov 1927'de, bu tekniği insan/şempanze melezi yapma girişiminde kullandı ("İnsanzee" veya "Şeminsan" adını verdiği). Fransız Guyanası'nda bir arazi istasyonunda, üç dişi şempanzeyi insan spermi ile dölledi. Neyse ki, hiçbirinde gebelik oluşmadı ve daha sonraki planı olan tersine denemesi engellendi.

52. Biyologlar Avrupalı ve Afrikalı populasyonların deri rengi farklılığının çoğundan sorumlu en az iki gen tanımladılar. İşin garibi, her ikisi de balıkların rengini etkiledikleri için tanımlanmışlardı.

53. Benzer bir durum yakın zaman önce, nişastayı basit şekerlere yıkan bir enzim olan *amilaz-1* için tanımlanmıştır. Japonlar ve Avrupalılar gibi diyetlerinde bol miktarda nişasta olan insan populasyonlar, balıkçı veya yağmur ormanları avcı-toplayıcılar gibi düşük nişasta diyeti ile geçinen populasyonlara göre genin daha fazla kopyasına sahiptirler. Laktaz enziminin aksine, doğal seçilim *amilaz-1*'in ifadesini bunu üreten genlerin çoğaltılmasını destekleyerek arttırmıştır.
54. Hiçbir besinin kendi doğasından gelen bir tat olmadığını hatırlatınız–bir birey için nasıl "tattığı" tat reseptörleri ve beyinde uyarılan nöronlar arasındaki evrimleşmiş etkileşimine bağlıdır. Doğal seçilimin beynimizi ve tat tomurcuklarımızı şekerli ve yağlı besinlerin tadını çekici bulma ve bunları arama yönünde şekillendirdiği neredeyse kesindir. Kokmuş et muhtemelen bir sırtlan için, bize meyveli bir dondurmanın lezzetli geldiği kadar lezzetlidir.
55. Çoğu evrimsel psikolog–insanın milyonlarca yıllık evrimi süresince, hem fiziksel hem de sosyal çevre, göreli olarak devamlı olsa da–EUO'nın bir gerçeklik olduğunu düşünürler. Fakat şüphesiz böylesi bir şeyi bilmiyoruz. Sonuç olarak, evrimin 7 milyon yıllık süresinde atalarımız farklı iklimlerde yaşadılar, çeşitli türlerle (diğer hominidler dâhil) ve çeşitli toplum tipleri ile etkileştiler ve tüm gezegene yayıldılar. Modern insan davranışlarını açıklamak için başvuracağımız bazı "atasal ortamlar" tuhaflığı, en sonunda yapabileceğimizin hepsi bu olduğundan, yapılan bir varsayım, entelektüel bir hayaldir.

Terimler Sözlüğü

Not: "Gen" gibi bazı terimler için bilim insanları, çoğunlukla teknik ve bazen birbirleriyle çelişen birçok tanım kullanır. Böylesi durumlarda, en iyi işleyen tanım olduğunu düşündüğümü sunmaktayım.

alel (allele): Verilen bir genin mutasyonla üretilen belli bir formu. Örneğin, kan gruplarımızı üreten proteini şifreleyen genin üç aleli vardır: A, B ve O aleleri. Hepsi tek bir genin DNA dizilerinde sadece küçük farklılıklar gösteren mutant formlarıdır.

allopoliploid türleşme (allopolyploid speciation): İki farklı türün melezlenmesi ile başlayan ve bu melezin kromozom sayısının iki katına çıkması ile devam eden yeni bir bitki türünün türemesi.

atavizm (atavism): Bir zamanlar atasal bir türde var olan, fakat artık kaybolmuş olan bir özelliğin, yaşayan bir türde ara sıra ifade edilmesi. İnsan yavrusunda kuyruğun nadiren görülmesi bir örnektir.

biyocoğrafya (biogeography): Dünya üzerinde bitki ve hayvanların yayılışını çalışan bilim dalı.

coğrafik türleşme (geographic speciation): iki veya daha fazla populasyonun coğrafik yalıtımı ile başlayan ve devamında genetik temelli üreme yalıtan bariyerlerin geliştiği türleşme.

dengeleyici seçilim (stabilizing selection): Bir populasyonda uçlardakilere göre "ortalama" bireyler lehinde işleyen doğal seçilim. Düşük veya yüksek kilo ile doğan bebeklere göre ortalama doğum kilosuna sahip insan bebeklerinin daha yüksek hayatta kalma başarısı buna bir örnektir.

doğal seçilim (natural selection): Alellerin bir nesilden diğerine rastgele olmayan çoğalma farklılığı. Bu genellikle, bazı alellerin taşıyıcılarının diğer alternatif aleler taşıyıcılarına göre, ortamlarında daha iyi hayatta kalmaları ve daha fazla döl vermeleri ile sonuçlanır.

dört üyeli (tetrapod): Dört bacağı olan omurgalı hayvanlar.

ekolojik niş (ecological niche): Doğada belli bir türün karşı karşıya bulunduğu iklim, besin, avcılar, av ve benzerini kapsayan fiziksel ve biyolojik koşullar takımı.

endemik (endemic): Galápagos Adalarında bulunan endemik ispinozlar gibi, bir türün belli bir bölgede yaşadığı ve başka hiçbir yerde bulunmadığını tanımlayan bir sıfat. Bu kelime aynı zamanda isim olarak ta kullanılabilir.

eşeysel iki-biçimlilik (sexual dimorphism): İnsanlardaki vücut büyüklüğü ve kıl bulunuşu gibi, bir türün erkek ve dişileri arasında farklılık gösteren bir özellik.

eşeysel seçilim (sexual selection): Taşıyıcısına eş edinmede başarı farklılığı sağlayan alellerin rastgele olmayan çoğalma farklılığı.

evrim (evolution): Çoğunlukla organizmaların gözlenebilir özelliklerinde zaman içinde değişimler üreten, populasyonlardaki genetik değişimler.

gametler (gametes): Hayvanların sperm ve yumurtaları ile bitkilerin polen ve yumurtalarını kapsayan üreme hücreleri.

gen (gene): Bir protein veya bir RNA ürünü üreten bir DNA parçası.

genetik sürüklenme (genetic drift): Farklı alellerin bir nesilden diğerine rastgele örneklem yoluyla ürettiği evrimsel değişim. Bu uyumsal olmayan evrimsel değişimlere neden olur.

genom (genome): Bir organizmanın bütün genleri ve DNA'sından meydana gelen genetik bütünleyicilerinin tümü.

hominin (hominin): Şempanzelerle paylaştığımız ortak atamız, modern insan ve modern şempanzeleri üretecek olan iki soy hattına ayrıldık sonra, evrimsel ağacın "insan" tarafında yer alan, yaşayan veya yokolmuş bütün türler.

homolog (homologs): Farklı formlarına sahip olabilmekle beraber, aynı genleri içeren bir kromozom çifti.

ırk (race): Bir türün diğer populasyonlarından bir veya daha çok özelliği bakımından farklı coğrafik olarak ayrı bir populasyonu. Biyologlar bazen ırkı "ekotip" veya "alt-tür" olarak adlandırırlar.

kalıntı veya körelmiş özellik (vestigial trait): Bir zamanlar atasal bir türde işlevsel olan ancak artık aynı şekilde kullanışlı olmayan bir özelliğin evrimsel artığı olan bir özellik. Körelmiş özellikler işlevsiz (kiwi kanatları) olabildikleri gibi, yeni bir işlev kazanabilirler (devekuşu kanatları).

kalıtsallık (heritability): Bireylerin genleri arasında varyasyonla açıklanan, bir özellikteki gözlenebilir varyasyon oranı. Sıfırdan (bütün varyasyonlar çevreye bağlıdır) bire (bütün varyasyonlar genlerin ürünüdür) değişkenlik gösteren kalıtsallık, bir özelliğin doğal veya yapay seçilime nasıl cevap vereceği konusunda

bir fikir verir. Örneğin insanda boy uzunluğunun kalıtsallığı 0,6 ile 0,85 arasında sınanan populasyona bağlı olarak değişir.

kardeş tür (sister species): Birbirlerinin en yakın akrabası olan iki tür; yani diğer her hangi bir türe göre birbirlerine en yakın akraba olmaları. İnsan ve şempanzeler böyle bir çifttir.

kıtasal adalar (continental islands): Büyük Britanya ve Madagaskar gibi bir zamanlar kıtaların parçası olan fakat kıtaların kayması veya deniz seviyesinin yükselmesi ile ayrılmış adalar.

lek (lek): Bir türün erkeklerinin kur gösterileri yapmak için toplandıkları bir alan.

makroevrim (macroevolution): Genellikle vücut şeklinde büyük değişimler ya da bir bitki veya hayvan tipinin bir diğer tipe evrimleştiği düşüncesi olan, "büyük" evrimsel değişim. Primat atamızdan modern insanlara ya da erken dönem sürüngenlerden kuşlara değişim makroevrim olarak ele alınır.

mikroevrim (microevolution): Bir türün büyüklük veya rengindeki değişimler gibi "küçük" değişimler. Örneklerden biri insan populasyonları arasında farklı deri renkleri ve saç tiplerinin evrimidir; diğer biri ise bakterilerdeki antibiyotik direncinin evrimidir.

mutasyon (mutation): Genellikle bir organizmanın genetik şifresini oluşturan tabanların dizisinde, tek bir nükleotid tabanı değiştiren, DNA'daki küçük bir değişim. Mutasyonlar çoğunlukla hücre bölünmesine eşlik eden DNA molekülünün kopyalanması esnasında hata olarak açığa çıkarlar.

okyanus adası (oceanic island): Hiçbir zaman bir kıta ile bağlantısı olmamış, fakat Hawaii ve Galápagos adaları gibi deniz tabanından yeni kara parçaları üreten, volkanlar veya diğer güçler tarafından oluşturulan bir ada.

otopoliploid türleşme (autopolyploid speciation): Bir ata türün kromozomlarının tam takımının iki katına çıkması ile ortaya çıkan yeni bir bitki türünün türemesi.

partenogenez (parthenogenesis): Döllenme olmaksızın erişkine gelişen yumurtalar oluşturan bireylerin bulunduğu, eşeysiz bir üreme şekli.

poliandri (polyandry): Dişilerin birden çok erkekle çiftleştikleri bir üreme sistemi.

polijini (polygyny): Erkeklerin birden çok dişiyle çiftleştikleri bir üreme sistemi.

poliploidi (polyploidy): Yeni türün artmış kromozom sayısına sahip olduğu melezleme gerektiren bir türleşme şekli. Bu otopoliploidi veya allopoliploidi şeklinde olabilir (yukarıya bkz.).

simpatrik türleşme (sympatric speciation): Populasyonları birbirinden fiziksel olarak yalıtan hiçbir coğrafik bariyer olmaksızın meydana gelen türleşme.

sistematik (systematics): Türler arasındaki evrimsel akrabalık ilişkilerini anlamak ve bu akrabalık ilişkilerini resmeden evrimsel ağaçlar inşa etmek ile uğraşan evrimsel biyolojinin bir dalı.

tür (species): Benzeri diğer gruplardan üreme bakımından yalıtık kendi aralarım-

da üreyen populasyonların bir grubu. Bu çoğu biyolog tarafından tercih edilen "tür" tanımıdır ve "biyolojik tür kavramı" olarak da adlandırılır.

türleşme (speciation): Üreme bakımından diğer populasyonlardan yalıtılmış olan yeni populasyonların evrimi.

uyum (adaptasyon): Öncülüne göre belli bir işlevi daha iyi yapmasını sağladığı için, bir organizmanın doğal seçilim yoluyla evrimleşmiş bir özelliği. Örneğin, bitkilerin çiçekleri, tozlaştırıcıları çekmek için uyumlardır.

uyumsal açılım (adaptive radiation): Genellikle bir takım ada gibi yeni ve boş bir habitatı işgal ettiği zaman ortak bir atadan, birkaç veya çok sayıda türün meydana gelmesi. Bu açılım, türler arasında populasyonları ortamlarına uyarlayan doğal seçilimin yan ürünleri olarak genetik bariyerler ortaya çıktığından "uyumsaldır". Hawaii nektar kuşlarının cömert türleşmesi bir örnektir.

uyum gücü (fitness): Evrimsel biyolojide, bir alelin taşıyıcısının diğer bir alelin taşıyıcısına göre ürettiği döllerin oransal sayısına karşılık gelen teknik bir terim. Ne kadar fazla döl bırakıyorsa, uyum gücü o kadar yüksektir. Fakat "uyum gücü" bir organizmanın çevresine ve yaşam biçimine ne kadar iyi uyum sağladığı şeklinde, daha gevşek anlamda da kullanılabilmektedir.

üreme yalıtımı bariyerleri (reproductive isolating barriers): Bir türün diğer bir tür ile üretken melezler oluşturmasını engelleyen genetik temelli özellikler–örneğin çiftleşmeyi önleyen kur gösterisi farklılığı.

yalancı gen (pseudogene): Bir protein üretmeyen işlevsiz bir gen.

İleri Okuma için Öneriler

Not: Bilimsel literatür için geleneksel olarak kullanılan formatta kaynakça sunuyorum. Her kaynak sırasıyla, yazarın soyadı ve adının ilk harflerini, diğer yazar adlarını, yayın yılını, kitap veya makalenin adını ve makale bilimsel bir dergiden ise, dergi adı, cildi ve sayfa sayısını göstermektedir.

Genel

Browne, J. 1996. *Charles Darwin: Voyaging. 2002. Charles Darwin: The Power of Place. Knopf,* New York. (2003 Princeton University Press tarafından bir-set olarak yayınlandı) Janet Browne'nın iki ciltlik Darwin biyografisi, kişiyi dönemini ve düşüncelerini oldukça yetkin ve güzel şekilde anlatan bir eserdir. Birçok Darwin biyografisi arasında açık ara en iyisidir.

Carroll, S. B. 2005. *Endless Forms Most Beautiful.* W. W. Norton, New York. "Evo devo."nun önde gelen uygulamacılarından biri tarafından yazılmış, gelişim biyolojisi ve evrim arasındaki etkileşim üzerine heyecanlı bir tartışma.

Chiappe, L. M. 2007. *Glorified Dinosaurs: The Origin and Early Evolution of Birds.* Wiley, Hoboken, NJ. Telekli dinozorlardan kuşların türemesi üzerine güncel ve açık anlatımlı bir eser.

Cronin, H. 1992. *The Ant and the Peacock: Sexual Selection from Darwin to Today.* Cambridge University Press, Cambridge, UK. Genel okuyucular için eşeysel seçilime bir giriş.

Darwin, C. 1859. *On the Origin of Species.* Murray, London. Her şeyi başlatan kitap; bir dünya klasiği. Tüm zamanların en popüler bilim kitabı (unutmayalım ki İngilizler için yazılmıştı) ve herkesin tam olarak bilgilenmek için okumak zorunda olduğu bilim kitabı. Victoria tarzı düz yazı bazı insanları sıkmış olsa da, mükemmel genişliği ve tartışmaları her şeyin üstesinden gelir.

Dawkins, R. 1982. *The Extended Phenotype: The Long Reach of the Gene.* Oxford University Press, Oxford, UK. Dawkins'in en iyilerinden biri—çevre ve diğer türlerin davranışlarında değişimleri kapsayan, seçilimin bir tür üzerinde nasıl özellikler çeşitliliği ürettiğinin bir tartışması.

——. 1996. *The Blind Watchmaker: Why the Evidence of Evolution Reveals a Universe Without Design.* W. W. Norton, New York. Dawkins'in doğal seçilimin gücü ve güzelliğine övgüsü. En iyi bilim yazarımızın düşündürücü bir okuması.

——. 2004. *The Ancestor's Tale: A Pilgrimage to the Dawn of Evolution.* Weidenfeld & Nicholson. New York. İnsanla başlayan ve tüm diğer türleri ele alarak ortak atalarımıza kadar giden, geniş ve kapsamlı bir evrim anlatımı.

——. 2006. *The Selfish Gene: 30th Anniversary Edition.* (İlk baskı 1976). Oxford University Press, Oxford, UK. Diğer bir klasik—muhtemelen modern evrim kuramı üzerine yazılmış en iyi kitap, doğal seçilimi anlamak isteyen herkesin okuması gereken temel bir eser.

Dunbar, R., L. Barrett, ve J. Lycett. 2005. *Evolutionary Psychology: A Beginner's Guide.* Oneworld, Oxford, UK. Kısa fakat bu alan için değerli bir rehber.

Futuyma, D. J. 2005. *Evolution.* Sinauer Associates, Sunderland, MA. Evrimsel biyoloji üzerine en iyi ders kitabı. Biyoloji okumuyorsanız, baştan sona okumayı çok teknik bulabilirsiniz, fakat kaynak olarak incelemenizi öneririm.

Gibbons, A. 2006. *The First Human: The Race to Discover Our Earliest Ancestors.* Doubleday, New York. Sadece bilimle değil fakat kökenimiz araştırmalarında işe karışan güçlü, rekabetçi kişilikleri de ele alan paleoantropolojideki yakın zaman keşiflerin iyi bir anlatımı.

Gould, S. J. 2006. *The Richness of Life: The Essential Stephen Jay Gould* (S. Rose, ed.). W. W. Norton, New York. Gould'un hepsi okunması gereken kitap ve denemelerinin birçoğuna denk bir kitap. Bu yazar öldükten sonra yayınlanan koleksiyon, evrimin hitabı en güçlü yorumcusu ve savunucusunun 44 denemesini kapsamaktadır.

Johanson, D., ve B. Edgar. 2006. *From Lucy to Language* (değiştirilmiş baskı) Simon & Schuster, New York. Muhtemelen insan evriminin bütün yönlerini genel olarak anlatan, *Australopithecus afarensis*'in "Lucy" örneğini bulanlardan biri tarafından yazılmış en iyi eser.

Kitcher, P. 1987. *Vaulting Ambition: Sociobiology and the Quest for Human Nature.* MIT Press, Cambridge, MA. Sosyobiyoloji'nin açık ve güçlü şekilde eleştirisi.

Mayr, E. 2002. *What Evolution Is.* Basic Books, New York. Zamanımızın en büyük evrimsel biyologlarından biri tarafından modern evrim kuramının popüler bir özeti.

Mindell, D. 2007. *The Evolving World: Evolution in Everyday Life.* Harvard University Press, Cambridge, MA. Evrimsel biyolojinin pratik değeri üzerine, ziraat ve tıptaki uygulamalarını kapsayan, bir tartışma.

Pinker, S. 2002. *The Blank Slate: The Modern Denial of Human Nature.* Viking, New York. Çevre-doğa (nurture-nature) tartışmasında, "çevre" lehinde okunabilir ve güçlü bir sav.

Prothero, D. R. 2007. *Evolution: What the Fossils Say and Why It Matters.* Columbia University Press, New York. Fosil kayıtları en iyi ele alan popüler bir kitap, geçiş formları ve yaradılışçıların bu kanıtları nasıl çarpıttıklarını ele alan, evrim için fosil kayıtların ayrıntılı tartışmasını kapsar.

Quammen, D. 1997. The Song of the Dodo: Island Biogeography in an Age of Extinction. Scribner's, New York. Ada biyocoğrafyasının tarihçesi, modern kuramı ve koruma için ipuçları barındıran birçok yönü üzerine, düşündürücü bir tartışma.

Shubin, N. 2008. *Your Inner Fish.* Pantheon, New York. Atamızın insan vücudunu nasıl etkilediklerinin üzerine oldukça kolay okunabilir bir tanımlama. *Tiktaalik roseae*, "bacaklı balık" kâşiflerinden biri tarafından yazılmıştır.

Zimmer, C. 1999. *At the Water's Edge: Fish with Fingers, Whales with Legs, and How Life Came Ashore but Then Went Back to Sea.* Free Press, New York. En kıdemli bilim gazetecilerimizden biri omurgalılarda iki önemli geçiş tanımlar: karasal hayvanların balıklardan evrimi ve balinaların çifttırnaklı memelilerden evrimi.

——. 2001. *Evolution: The Triumph of an Idea.* Harper Perennial, New York. Evrim üzerine Public Broadcasting System'in televizyonda yayınlanan dizilerine eşlik etmek üzere yazılmış evrimsel biyolojinin genel bir ele alınışı. Sadece kuramı ve evrim için kanıtları değil, fakat felsefi ve dinsel göndermelerini de kapsayan kapsamlı bir giriş.

——. 2005. *Smithsonian Intimate Guide to Human Origins.* HarperCollins, New-York. Hem fosil kayıtlar hem de moleküler genetikten yakın dönem bulgular içeren, insan evriminin iyi resmedilmiş bir anlatımı.

Evrim, Yaradılışçılık ve Sosyal Konular

Pennock (2001)'deki bazı makaleler hariç, iddiaları bilimsel olmaktan çok dine dayandığı için yaradılışçıların eserleri ve akıllı tasarım savunucularının kaynaklarına yer vermedim. Eugenie Scott, *Evrime karşı Yaradılışçılık: Bir giriş (Evolution vs. Creationism: An Introduction)* kitabında akıllı tasarımı da kapsayan çeşitli yaradılışçı yeniden doğuşları tanımlar. Evrim karşıtı görüşleri bilmek isteyenler Michael Behe, William Dembski, Phillip Johnson ve Jonathan Wells'in kitaplarını inceleyebilirler.

Kitaplar ve Makaleler

Coyne, J. A. 2005. The faith that dares not speak its name: The case against intelligent design. *New Republic*, August 22, 2005, pp. 21–33. Akıllı tasarımın kısa bir özeti ve kamu okul kitaplarında (*Of Pandas and People*) durumu üzerine bir inceleme.

Forrest, B., & P. R. Gross. 2007. *Creationism's Trojan Horse: The Wedge of Intelligent Design*. Oxford University Press, New York. Akıllı tasarım üzerine detaylı bir analiz ve eleştiri.

Futuyma, D. J. 1995. *Science on Trial: The Case for Evolution*. Sinauer Associates, Sunderland, MA. Evrim için kanıtların yanında evrim kuramı ve bazı en yaygın yaradılışçı iddialara cevapların bir kısa özeti.

Humes, E. 2007. *Monkey Girl: Evolution, Education, Religion, and the Battle for America's Soul*. Ecco (HarperCollins), New York. Akıllı tasarım savunucularının düşüncelerini Dover, Pennsylvania'da kamu okulları müfredatına sokma girişimleri ve sonrasında mahkemenin akıllı tasarımın "bilim olmadığı" kararını bir anlatımı.

Isaak, M. 2007. *The Counter-Creationism Handbook*. University of California Press, Berkeley. Bu usta işi ve yararlı rehberde Isaak, yaradılışçı ve akıllı tasarım iddialarının yüzlercesini sunar ve çürütür.

Kitcher, P. J. 2006. *Living with Darwin: Evolution, Design, and the Future of Faith*. Oxford University Press, New York. Darwinizmin cesur bir savunusu ve insanların ruhsal gereksinimleri ile nasıl barışık hale getirilebileceği konusunda öneriler.

Larson, E. J. 1998. *Summer for the Gods*. Harvard University Press, Cambridge, MA. Oldukça kolay okunabilen, Darwinizm'in Amerikan Mahkemelerine ilk düşüşü olan, Scopes Davası üzerine bu çalışma, "maymun davası" ko-

nusundaki birçok yaygın yanlış anlamayı düzeltir. Kitap tarih dalında 1998 Pulitzer Ödülü'nü kazanmıştır.

Miller, K. R. 2000. *Finding Darwin's God: A Scientist's Search for Common Ground Between God and Evolution.* Harper Perennial, New York. Seçkin bir biyolog, ders kitabı yazarı ve inanan bir Katolik olan Miller, akıllı tasarım için iddiaları kesin olarak çürütür ve sonra evrim gerçeği ile kendi dinsel inanışı nasıl uzlaştırdığını tartışır.

——. 2008. *Only a Theory: Evolution and the Battle for America's Soul.* Viking, New York. Akıllı tasarımın sadece "indirgenemez karmaşıklık" iddiasına güncel bir eleştiri değil, fakat aynı zamanda Amerika'daki bilim (fen) eğitimine nasıl ciddi bir tehlike olduğunu gösteren bir eser.

National Academy of Sciences. 2008. *Science, Evolution, and Creationism.* National Academies Press, Washington, DC. Yaradılışçılığı eleştiren ve evrim için kanıtlar ortaya döken en saygın Amerikalı bilim insanları grubunca yayınlanan bir görüş bildirgesi. Ücretsiz şu linkten indirilebilir: http://www.nap.edu/catalog.php?record_id=11876

Pennock, R. T. 1999. *Tower of Babel: The Evidence Against the New Creationism.* MIT Press, Cambridge, MA. Özellikle akıllı tasarım olarak yeniden piyasaya sürülen yaradılışçılığın iç yüzünün muhtemelen en kapsamlı analizi.

——. (ed.). 2001. *Intelligent Design Creationism and Its Critics: Philosophical, Theological, and Scientific Perspectives.* MIT Press, Cambridge, MA. Bazı kışkırtıcı lehte ve aleyhte iddialarla, evrim savunucuları ve karşıtlarının denemeleri.

Petto, A. J., & L. R. Godfrey (ed.). 2007. *Scientists Confront Intelligent Design and Creationism.* W. W. Norton, New York. Paleontoloji, jeoloji ve evrim/yaradılış tartışmasında evrimsel kuramın diğer yönleri üzerine olduğu kadar tartışmaların sosyolojisi üzerine bilim insanlarının bir deneme serisi

Scott, E. C. 2005. *Evolution vs. Creationism: An Introduction.* University of California Press, Berkeley, CA. A dispassionate description of what evolution and creationism really are.

——. & G. Branch. (2006). *Not in Our Classrooms: Why Intelligent Design Is Wrong for Our Schools.* Beacon Press, Boston. Amerika kamu okullarında okutulan akıllı tasarım ve yaradılışçılığın diğer biçimlerinin bilimsel, eğitimsel ve politik sonuçları üzerine bir deneme serisi.

Çevrimiçi Kaynaklar

http://www.archaeologyinfo.com/evolution.htm İnsan evriminin çeşitli evrelerinin güzel bir (fakat güncelliğini biraz yitirmiş) tasvir ve tanımı.

http://www.darwin-online.org.uk/ Charles Darwin'in çevrimiçi tüm çalışmaları.

Sadece kitaplarını değil (*Köken*'in altı baskısını kapsayan), bilimsel makalelerini de içerir. Darwin'in birçok kişisel mektubunu Darwin Correspondence Project: http://www. darwinproject.ac.uk/ sayfasında bulabilirsiniz.

http://www.gate.net/~rwms/EvoEvidence.html Evrim için kanıtların birçok kaynağını toplayan büyük bir web sitesi.

http://www.gate.net/~rwms/crebuttals.html Yaradılışçı iddialarının çoğunu inceleyen ve iç yüzünü tamamen ortaya döken bir web sitesi.

http://www.natcenscied.org/ Amerikan kamu okullarında evrimin öğretilmesini savunmaya adamış bir organizasyon olan National Center for Science Education'ın bir araya getirdiği kaynakların bir çevrimiçi seti. Yaradılışçılıkla süregiden savaşta güncel gelişmeleri sunmakta ve birçok diğer siteye linkleri kapsamaktadır.

http://www.pbs.org/wgbh/evolution/ PBS Evrim dizisinden ilham alan büyük bir Web sitesi. Hem öğrenci hem de öğretmenler için, evrimsel düşüncenin tarihi, evrim için kanıtlar ile dini ve felsefi konuları kapsayan kaynakların geniş bir seçmesini içerir. İnsanın evrimi bölümleri özellikle iyidir.

http://www.pandasthumb.org/ The Panda's Thumb Web sitesi (Stephen Jay Gould tarafından ünlü denemsinden sonra isimlendirilen) evrimsel biyolojideki yakın zaman keşifler yanında Amerika'da süregiden evrim karşıtlığını ele alır.

http://www.talkorigins.org/ Evrimin bütün yönlerini ele alan en kapsamlı çevrimiçi rehber. En iyi çevrimiçi evrim için kanıtlar rehberini de içerir: http://www.talkorigins.org/faqs/comdesc/.

Evrimsel biyoloji üzerine birçok iyi blog (web günlüğü) arasında iki tanesi öne çıkar. Biri Rutgers'te paleontoloji lisanslı Britan Switek'in web günlüğü olan "Laelaps" (http://scienceblogs.com/laelaps/)'dir. Sadece paleontoloji değil fakat evrimsel biyoloji ve bilim felsefesindeki daha kapsamlı konuları ele alır. Diğeri Cornell profesörü R. Ford Denison'in http://blog.lib.umn.edu/denis036/thisweekinevolution/ sayfası olan "This Week in Evolution" web günlüğüdür. Evrimsel biyolojideki yeni keşifleri sunmaktadır ve biyolojide lisans düzeyi eğitim almış herkese açıktır.

Kaynakça

Önsöz

Davis, P. & D. H. Kenyon. 1993. *Of Pandas and People: The Central Question of Biological Origins* (2nd ed.). Foundation for Thought and Ethics, Richardson, TX.

Giriş

BBC Poll on Evolution. Ipsos MORI. 2006. http://www.ipsos-mori.com/ content/bbc-survey-on-the-origins-of-life.ashx.

Berkman, M. B., J. S. Pacheco & E. Plutzer. 2008. Evolution and creationism in America's schools: A national portrait. *Public Library of Science Biolog* 6:e124.

Harris Poll #52. July 6, 2005. http://www.harrisinteractive.com/harris_poll/ index.asp?PID=581.

Miller, J. D., E. C. Scott, & S. Okamoto. 2006. Public acceptance of evolution. Science 313:765–766.

Shermer, M. 2006. *Why Darwin Matters: The Case Against Intelligent Design.* Times Books, New York.

Bölüm 1: Evrim Nedir?

Darwin, C. 1993. *The Autobiography of Charles Darwin.* (N. Barlow, ed.). W. W. Norton, New York.

Hazen, R. M. 2005. *GenĐeĐsis: The Scientific Quest for Life's Origin.* Joseph Henry Press, Washington, DC.

Paley, W. 1802. *Natural Theology; or Evidences of the Existence and Attributes of the Deity, Collected from the Appearances of Nature.* Parker, Philadelphia

Bölüm 2: Kayaçlarda Yazılıdır

Apesteguía, S. & H. Zaher. 2006. A Cretaceous terrestrial snake with robust hindlimbs and a sacrum. *Nature* 440:1037–1040.

Chaline, J., B. Laurin, P. Brunet-Lecomte & L. Viriot. 1993. Morphological trends and rates of evolution in arvicolids (Arvicolidae, Rodentia): Towards a punctuated equilibria/disequilibria model. *Quaternary International* 19:27–39.

Chen, J. Y., D. Y. Huang & C. W. Li. 1999. An early Cambrian craniate-like chordate. *Nature* 402:518–522.

Daeschler, E. B., N. H. Shubin & F. A. Jenkins. 2006. A Devonian tetrapodlike fish and the evolution of the tetrapod body plan. *Nature* 440:757–763.

Dial, K. P. 2003. Wing-assisted incline running and the evolution of flight. *Science* 299:402–404.

Graur, D. & D. G. Higgins. 1994. Molecular evidence for the inclusion of cetaceans within the order Artiodactyla. *Molecular Biology and Evolution* 11:357–364.

Hedman, M. 2007. *The Age of Everything: How Science Explores the Past.* University of Chicago Press, Chicago.

Hopson, J. A. 1987. The mammal-like reptiles: A study of transitional fossils. *American Biology Teacher* 49:16–26.

Ji, Q., M. A. Norell, K. Q. Gao, S. A. Ji & D. Ren. 2001. The distribution of integumentary structures in a feathered dinosaur. *Nature* 410:1084–1088.

Kellogg, D. E. & J. D. Hays. 1975. Microevolutionary patterns in Late Cenozoic Radiolaria. *Paleobiology* 1:150–160.

Lazarus, D. 1983. Speciation in pelagic protista and its study in the planktonic microfossil record: A review. *Paleobiology* 9:327–340.

Malmgren, B. A. & J. P. Kennett. 1981. Phyletic gradualism in a late Cenozoic planktonic foraminiferal lineage; Dsdp site 284, southwest Pacific. *Paleobiology* 7:230–240.

Norell, M. A., J. M. Clark, L. M. Chiappe & D. Dashzeveg. 1995. A nesting dinosaur. *Nature* 378:774–776.

Organ, C. L., M. H. Schewitzer, W. Zheng, Lm. M. Freimark, L. C. Cantley & J. M. Asara. 2008. Molecular phylogenetics of Mastodon and *Tyrannosaurus rex*. *Science* 320:499.

Peyer, K. 2006. A reconsideration of *Compsognathus* from the upper Tithonian of Canjers, Southern France. *Journal of Vertebrate Paleontology* 26:879–896.

Prum, R. O. & A. H. Brush. 2002. The evolutionary origin and diversification of feathers. *Quarterly Review of Biology* 77:261–295.

Sheldon, P. 1987. Parallel gradualistic evolution of Ordovician trilobites. *Nature* 330:561–563.

Shipman, P. 1998. *Taking Wing: Archaeopteryx and the Evolution of Bird Flight.* Weidenfeld & Nicholson, London.

Shu, D. G., H. L. Luo, S. C. Morris, X. L. Zhang, S. X. Hu, L. Chen, J. Han, M. Zhu, Y. Li & L. Z. Chen. 1999. Lower Cambrian vertebrates from South China. *Nature* 402:42–46.

Shu, D. G., S. C. Morris, J. Han, Z. F. Zhang, K. Yasui, P. Janvier, L. Chen, X. L. Zhang, J. N. Liu, Y. Li & H. Q. Liu. 2003. Head and backbone of the Early Cambrian vertebrate *Haikouichthys. Nature* 421:526–529.

Shubin, N. H., E. B. Daeschler & F. A. Jenkins. 2006. The pectoral fin of *Tiktaalik roseae* and the origin of the tetrapod limb. *Nature* 440:764–771.

Sutera, R. 2001. The origin of whales and the power of independent evidence. *Reports of the National Center for Science Education* 20:33–41.

Thewissen, J. G. M., L. N. Cooper, M. T. Clementz, S. Bajpail & B. N. Tiwari. 2007. Whales originated from aquatic artiodactyls in the Eocene epoch of India. *Nature* 450:1190–1194.

Wells, J. W. 1963. Coral growth and geochronometry. *Nature* 187:948–950.

Wilson, E. O., F. M. Carpenter & W. L. Brown. 1967. First Mesozoic ants. *Science* 157:1038–1040.

Xu, X. & M. A. Norell. 2004. A new troodontid dinosaur from China with avian-like sleeping posture. *Nature* 431:838–841.

Xu, X., X.-L. Wang & X.-C. Wu. 1999. A dromaeosaurid dinosaur with a filamentous integument from the Yixian Formation of China. *Nature* 401:261–266.

Xu, X., Z. H. Zhou, X.-L. Wang, X. W. Kuang, F. C. Zhang & X. K. Du. 2003. Four-winged dinosaurs from China. *Nature* 421:335–340.

Bölüm 3: Kalıntılar: Körelmiş organlar, Embriyolar ve Kötü Tasarım

Andrews, R. C. 1921. A remarkable case of external hind limbs in a humpback whale. *American Museum Novitates* 9:1–6.

Bannert, N. & R. Kurth. 2004. Retroelements and the human genome: New perspectives on an old relation. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 101:14572–14579.

Bar-Maor, J. A., K. M. Kesner & J. K. Kaftori. 1980. Human tails. *Journal of Bone and Joint Surgery* 62:508–510.

Behe, M. 1996. *Darwin's Black Box.* Free Press, New York.

Bejder, L. & B. K. Hall. 2002. Limbs in whales and limblessness in other vertebrates: Mechanisms of evolutionary and developmental transformation and loss. *Evolution and Development* 4:445–458.

Brawand D., W. Wahli & H. Kaessmann. 2008. Loss of egg yolk genes in mammals and the origin of lactation and placentation. *Public Library of Science Biology* 6(3):e63.

Chen, Y. P., Y. D. Zhang, T. X. Jiang, A. J. Barlow, T. R. St Amand, Y. P. Hu, S. Heaney, P. Francis-West, C. M. Chuong & R. Maas. 2000. Conservation of early odontogenic signaling pathways in Aves. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 97:10044–10049.

Dao, A. H. & M. G. Netsky. 1984. Human tails and pseudotails. *Human Pathology* 15:449–453.

Dobzhansky, T. 1973. Nothing in biology makes sense except in the light of evolution. *American Biology Teacher* 35:125–129.

Friedman, M. 2008. The evolutionary origin of flatfish asymmetry. *Nature* 454:209–212.

Gilad, Y., V. Wiebe, M. Przeworski, D. Lancet & S. Pääbo. 2004. Loss of olfactory receptor genes coincides with the acquisition of full trichromatic vision in primates. *Public Library of Science Biology* 2:120–125.

Gould, S. J. 1994. *Hen's Teeth and Horses' Toes: Further Reflections in Natural History.* W. W. Norton, New York.

Hall, B. K. 1984. Developmental mechanisms underlying the formation of atavisms. *Biological Reviews* 59:89–124.

Harris, M. P., S. M. Hasso, M. W. J. Ferguson & J. F. Fallon. 2006. The development of archosaurian first-generation teeth in a chicken mutant. *Current Biology* 16:371–377.

Johnson, W. E. & J. M. Coffin. 1999. Constructing primate phylogenies from ancient retrovirus sequences. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 96:10254–10260.

Kishida, T., S. Kubota, Y. Shirayama & H. Fukami. 2007. The olfactory receptor gene repertoires in secondary-adapted marine vertebrates: Evidence for reduction of the functional proportions in cetaceans. *Biology Letters* 3:428–430.

Kollar, E. J. & C. Fisher. 1980. Tooth induction in chick epithelium: Expression of quiescent genes for enamel synthesis. *Science* 207:993–995.

Krause, W. J. & C. R. Leeson. 1974. The gastric mucosa of 2 monotremes: The duck-billed platypus and echidna. *Journal of Morphology* 142:285–299.

Medstrand, P. & D. L. Mager. 1998. Human-specific integrations of the HERV-K endogenous retrovirus family. *Journal of Virology* 72:9782–9787.

Larsen, W. J. 2001. *Human Embryology* (3rd Edition). Churchill Livingston, Philadelphia.

Niimura, Y. & M. Nei. 2007. Extensive gains and losses of olfactory receptor genes in mammalian evolution. *Public Library of Science ONE* 2:e708.

Nishikimi, M., R. Fukuyama, S. Minoshima, N. Shimizu & K. Yagi. 1994. Cloning and chromosomal mapping of the human nonfunctional gene for L-gulono-„-lactone oxidase, the enzyme for L-ascorbic-acid biosynthesis missing in man. *Journal of Biological Chemistry* 269:13685–13688.

Nishikimi, M. & K. Yagi.1991. Molecular basis for the deficiency in humans of gulonolactone oxidase, a key enzyme for ascorbic acid biosynthesis. *American Journal of Clinical Nutrition* 54:1203S--1208S.

Ohta, Y. & M. Nishikimi. 1999. Random nucleotide substitutions in primate nonfunctional gene for L-gulono-Ɖ-lactone oxidase, the missing enzyme in L-ascorbic acid biosynthesis. *Biochimica et Biophysica Acta* 1472: 408–411.

Ordoñez, G. R., L. W. Hiller, W. C. Warren, F. Grutzner, C. Lopez-Otin & X. S. Puente. 2008. Loss of genes implicated in gastric function during platypus evolution. *Genome Biology* 9:R81.

Richards, R. J. 2008. *The Tragic Sense of Life: Ernst Haeckel and the Struggle over Evolution.* University of Chicago Press, Chicago.

Romer, A. S. & T. S. Parsons. 1986. *The Vertebrate Body*. Sanders College Publishing, Philadelphia.

Sadler, T. W. 2003. *Langman's Medical Embryology* (9th Edition). Lippincott Williams & Wilkins, Philadelphia.

Sanyal, S., H. G. Jansen, W. J. de Grip, E. Nevo & W. W. de Jong. 1990. The eye of the blind mole rat, Spalax ehrenbergi. Rudiment with hidden function? *Investigative Ophthalmology and Visual Science* 31:1398–1404.

Shubin, N. 2008. *Your Inner Fish.* Pantheon, New York.

Rouquier, S., A. Blancher & D. Giorgi. 2000. The olfactory receptor gene repertoire in primates and mouse: Evidence for reduction of the functional fraction in primates. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 97:2870–2874.

vonBaer, K. E. 1828. Entwickelungsgeschichte der Thiere: Beobachtung und Reflexion (Vol. 1). Königsberg, Bornträger.

Zhang, Z. L. & M. Gerstein. 2004. Large-scale analysis of pseudogenes in the human genome. *Current Opinion in Genetics & Development* 14:328–335.

Bölüm 4: Yaşamın Coğrafyası

Barber, H. N., H. E. Dadswell & H. D. Ingle. 1959. Transport of driftwood from South America to Tasmania and Macquarie Island. *Nature* 184:203–204.

Brown, J. H. & M. V. Lomolino. 1998. Biogeography (2nd Edition). Sinauer Associates, Sunderland, MA.

Browne, J. 1983. *The Secular Ark: Studies in the History of Biogeography.* Yale University Press, New Haven and London.

Carlquist, S. 1974. *Island Biology.* Columbia University Press, New York.

Carlquist, S. 1981. Chance dispersal. *American Scientist* 69:509–516.

Censky, E. J., K. Hodge & J. Dudley. 1998. Over-water dispersal of lizards due to hurricanes. *Nature* 395:556.

Goin, F. J., J. A. Case, M. O. Woodburne, S. F. Vizcaino & M. A. Reguero. 1999. New discoveries of "opposum-like" marsupials from Antarctica (Seymour Island, Medial Eocene). *Journal of Mammalian Evolution* 6:335–365.

Guilmette, J. E., E. P. Holzapfel & D. M. Tsuda. 1970. Trapping of air-borne insects on ships in the Pacific (Part 8). *Pacific Insects* 12:303–325.

Holzapfel, E. P. & J. C. Harrell. 1968. Transoceanic dispersal studies of insects. *Pacific Insects* 10:115–153.

Holzapfel, E. P. & J. C. Harrell. 1970. Trapping of air-borne insects in the Antarctic area (Part 3). *Pacific Insects* 12:133–156.

McLoughlin, S. 2001. The breakup history of Gondwana and its impact on pre-Cenozoic floristic provincialism. *Australian Journal of Botany* 49:271–300.

Reinhold, R. March 21, 1982. Antarctica yields first land mammal fossil. *New York Times.*

Woodburne, M. O. & J. A. Case. 1996. Dispersal, vicariance, and the Late Cretaceous to early tertiary land mammal biogeography from South America to Australia. *Journal of Mammalian Evolution* 3:121–161.

Yoder, A. D. & M. D. Nowak. 2006. Has vicariance or dispersal been the predominant biogeographic force in Madagascar? Only time will tell. *Annual Review of Ecolology, Evolution, and Systematics* 37:405–431.

Bölüm 5: Evrimin Motoru

Carroll, S. P. & C. Boyd. 1992. Host race radiation in the soapberry bug: Natural history with the history. *Evolution* 46:1052–1069.

Dawkins, R. 1996. *Climbing Mount Improbable.* Penguin, London.

Doebley, J. F., B. S. Gaut & B. D. Smith. 2006. The molecular genetics of crop domestication. *Cell* 127:1309–1321.

Doolittle, W. F. & O. Zhaxbayeva. 2007. Evolution: Reducible complexity—the case for bacterial flagella. *Current Biology* 17: R510–R512.

Endler, J. A. 1986. *Natural Selection in the Wild.* Princeton University Press, Princeton, NJ.

Franks, S. J., S. Sim & A. E. Weis. 2007. Rapid evolution of flowering time by an annual plant in response to a climate fluctuation. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 104:1278–1282.

Gingerich, P. D. 1983. Rates of evolution: Effects of time and temporal scaling. *Science* 222:159–161.

Grant, P. R. 1999. *Ecology and Evolution of Darwin's Finches.* (Rev. Edition). Princeton University Press, Princeton, NJ.

Hall, B. G. 1982. Evolution on a petri dish: The evolved ,-galactosidase system as a model for studying acquisitive evolution in the laboratory. *Evolutionary Biology* 15:85–150.

Hoekstra, H. E., R. J. Hirschmann, R. A. Bundey, P. A. Insel & J. P. Crossland. 2006. A single amino acid mutation contributes to adaptive beach mouse color pattern. *Science* 313:101–104.

Jiang, Y. & R. F. Doolittle. 2003. The evolution of vertebrate blood coagulation as viewed from a comparison of puffer fish and sea squirt genomes. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 100:7527–7532.

Kaufman D. W. 1974. Adaptive coloration in *Peromyscus polionotus*: Experimental selection by owls. *Journal of Mammalogy* 55:271–283.

Lamb, T. D., S. P. Collin & E. N. Pugh. 2007. Evolution of the vertebrate eye: Opsins, photoreceptors, retina and eye cup. *Nature Reviews Neuroscience* 8:960–975.

Lenski, R. E. 2004. Phenotypic and genomic evolution during a 20,000- generation experiment with the bacterium *Escherichia coli. Plant Breeding Reviews* 24:225–265.

Miller, K. R. 1999. *Finding Darwin's God: A Scientist's Search for Common Ground Between God and Evolution.* Cliff Street Books, New York.

Miller, K. R. 2008. *Only a Theory: Evolution and the Battle for America's Soul.* Viking, New York.

Neu, H. C. 1992. The crisis in antibiotic resistance. *Science* 257:1064–1073.

Nilsson, D.-E. & S. Pelger. 1994. A pessimistic estimate of the time required for an eye to evolve. *Proceedings of the Royal Society of London,* Series B, 256:53–58.

Pallen, M. J. & N. J. Matzke. 2006. FromThe Origin of Species to the origin of bacterial flagella. *Nature Reviews Microbiology* 4:784–790.
Rainey, P. B. & M. Travisano. 1998. Adaptive radiation in a heterogeneous environment. *Nature* 394:69–72.
Reznick, D. N. & C. K. Ghalambor. 2001. The population ecology of contemporary adaptations: what empirical studies reveal about the conditions that promote adaptive evolution. *Genetica* 112:183–198.
Salvini-Plawen, L. V. & E. Mayr. 1977. On the evolution of photoreceptors and eyes. *Evolutionary Biology* 10:207–263.
Steiner, C. C., J. N. Weber & H. E. Hoekstra. 2007. Adaptive variation in beach mice produced by two interacting pigmentation genes. *Public Library of Science Biology* 5:e219.
Vila, C., P. Savolainen, J. E. Maldonado, I. R. Amorim, J. E. Rice, R. L. Honeycutt, K. A. Crandall, J. Lundeberg & R. K. Wayne. 1997. Multiple and ancient origins of the domestic dog. Science 276:1687–1689.
Weiner, J. 1995. *The Beak of the Finch: A Story of Evolution in Our Time.* Vintage, New York.
Xu, X. & R. F. Doolittle. 1990. Presence of a vertebrate fibrinogen-like sequence in an echinoderm. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 87:2097–2101.
Yanoviak, S. P., M. Kaspari, R. Dudley & J. G. Poinar. 2008. Parasiteinduced fruit mimicry in a tropical canopy ant. *American Naturalist* 171:536–544.
Zimmer, C. 2001. *Parasite Rex: Inside the Bizarre World of Nature's Most Dangerous Creatures.* Free Press, New York.

Bölüm 6: Eşey Evrimi Nasıl Yönetir

Andersson, M. 1994. *Sexual Selection.* Princeton University Press, Princeton, NJ.
Burley, N. T. & R. Symanski. 1998. "A taste for the beautiful": Latent aesthetic mate preferences for white crests in two species of Australian grassfinches. *American Naturalist* 152:792–802
Butler, M. A., S. A. Sawyer & J. B. Losos. 2007. Sexual dimorphism and adaptive radiation in Anolis lizards. *Nature* 447:202–205.
Butterfield, N. J. 2000. *Bangiomorpha pubescens* n. gen., n. sp.: Implications for the evolution of sex, multicellularity, and the Mesoproterozoic/Neoproterozoic radiation of eukaryotes. *Paleobiology* 3: 386–404.
Darwin, C. 1871. *The Descent of Man, and Selection in Relation to Sex.* Murray, London.
Dunn, P. O., L. A. Whittingham & T. E. Pitcher. 2001. Mating systems, sperm competition, and the evolution of sexual dimorphism in birds. *Evolution* 55:161–175.
Endler, J. A. 1980. Natural selection on color patterns in *Poecilia reticulata.* Evolution 34:76–91.
Field, S. A. & M. A. Keller. 1993. Alternative mating tactics and female mimicry as postcopulatory mate-guarding behavior in the parasitic wasp *Cotesia rubecula. Animal Behaviour* 46:1183–1189.

Futuyma, D. J. 1995. *Science on Trial: The Case for Evolution.* Sinauer Associates, Sunderland, MA.

Hill, G. E. 1991. Plumage coloration is a sexually selected indicator of male quality. *Nature* 350:337–339.

Husak, J. F., J. M. Macedonia, S. F. Fox & R. C. Sauceda. 2006. Predation cost of conspicuous male coloration in collared lizards (*Crotaphytus collaris*): An experimental test using clay-covered model lizards. *Ethology* 112:572–580.

Johnson, P. E. 1993. *Darwin on Trial* (2nd Edition). InterVarsity Press, Downers Grove, IL.

Madden, J. R. 2003. Bower decorations are good predictors of mating success in the spotted bowerbird. *Behavioral Ecology and Sociobiology* 53:269–277.

Madden, J. R. 2003. Male spotted bowerbirds preferentially choose, arrange and proffer objects that are good predictors of mating success. *Behavioral Ecology and Sociobiology* 53:263–268.

McFarlan, D. (ed.). 1989. *Guinness Book of World Records.* Sterling Publishing Co., New York.

Petrie, M. 1994. Improved growth and survival of offspring of peacocks with more elaborate trains. *Nature* 371:598–599.

Petrie, M. & T. Halliday. 1994. Experimental and natural changes in the peacock's (*Pave cristatus*) train can affect mating success. *Behavioral Ecology and Sociobiology* 35:213–217.

Petrie, M. & T. Halliday and C. Sanders. 1991. Peahens prefer peacocks with elaborate trains. *Animal Behaviour* 41:323–331.

Price, C. S. C., K. A. Dyer & J. A. Coyne. 1999. Sperm competition between *Drosophila* males involves both displacement and incapacitation. *Nature* 400:449–452.

Pryke, S. R. & S. Andersson. 2005. Experimental evidence for female choice and energetic costs of male tail elongation in red-collared widowbirds. *Biological Journal of the Linnean Society* 86:35–43.

Vehrencamp, S. L., J. W. Bradbury & R. M. Gibson. 1989. The energetic cost of display in male sage grouse. *Animal Behaviour* 38:885–896.

Wallace, A. R. 1892. Note on sexual selection. *Natural Science Magazine,* p. 749.

Welch, A. M., R. D. Semlitsch & H. C. Gerhardt. 1998. Call duration as an indicator of genetic quality in male gray tree frogs. *Science* 280:1928–1930.

Bölüm 7: Türlerin Kökeni

Abbott, R. J. & A. J. Lowe. 2004. Origins, establishment and evolution of new polyploid species: *Senecio cambrensis* and *S. eboracensis* in the British Isles. *Biological Journal of the Linnean Society* 82:467–474.

Adam, P. 1990. *Saltmarsh Ecology.* Cambridge University Press, Cambridge, UK.

Ainouche, M. L., A. Baumel & A. Salmon. 2004. *Spartina anglica* C. E. Hubbard: A natural model system for analysing early evolutionary changes that affect allopolyploid genomes. *Biological Journal of the Linnean Society* 82:475–484.

Ainouche, M. L., A. Baumel, A. Salmon and G. Yannic. 2004. Hybridization, polyploidy and speciation in *Spartina* (Poaceae). *New Phytologist* 161:165–172.

Byrne, K. & R. A. Nichols. 1999. *Culex pipiens* in London Underground tunnels: Differentiation between surface and subterranean populations. *Heredity* 82:7–15.

Clayton, N. S. 1990. Mate choice and pair formation in Timor and Australian mainland zebra finches. Animal Behaviour 39:474–480.

Coyne, J. A. 1997. "Patterns of speciation in *Drosophila*" revisited. *Evolution* 51:295–303

Coyne, J. A. & H. A. Orr. 1989. Patterns of speciation in *Drosophila*. Evolution 43:362– 381.

Coyne, J. A. & H. A. Orr. 2004. *Speciation.* Sinauer Associates, Sunderland, MA.

Coyne, J. A. & T. D. Price. 2000. Little evidence for sympatric speciation in island birds. *Evolution* 54:2166–2171.

Dodd, D. M. B. 1989. Reproductive isolation as a consequence of adaptive divergence in *Drosophila pseudoobscura. Evolution* 43:1308–1311.

Gallardo, M. H., C. A. Gonzalez & I. Cebrian. 2006. Molecular cytogenetics and allotetraploidy in the red vizcacha rat, *Tympanoctomys barrerae* (Rodentia, Octodontidae). *Genomics* 88:214–221

Haldane, J. B. S. Natural selection. pp. 101–149 in P. R. Bell, ed., *Darwin's Biological Work: Some Aspects Reconsidered.* Cambridge University Press, Cambridge, UK.

Johnson, S. D. 1997. Pollination ecotypes of *Satyrium hallackii* (Orchidaceae) in South Africa. *Botanical Journal of the Linnean Society* 123:225–235.

Kent, R. J., L. C. Harrington & D. E. Norris. 2007. Genetic differences between *Culex pipiens* f. molestus and *Culex pipiens pipiens* (Diptera: Culicidae) in New York. *Journal of Medical Entomology* 44:50–59.

Knowlton, N., L. A. Weigt, L. A. Solórzano, D. K. Mills & E. Bermingham. 1993. Divergence in proteins, mitochondrial DNA, and reproductive compatibility across the Isthmus of Panama. *Science* 260:1629–1632.

Losos, J. B. & D. Schluter. 2000. Analysis of an evolutionary species–area relationship. *Nature* 408:847–850.

Mayr, E. 1942. *Systematics and the Origin of Species.* Columbia University Press, New York.

Mayr, E. 1963. *Animal Species and Evolution.* Harvard University Press, Cambridge, MA.

Pinker, S. 1994. *The Language Instinct: The New Science of Language and Mind.* HarperCollins, New York.

Ramsey, J. M. & D. W. Schemske. 1998. The dynamics of polyploid formation and establishment in flowering plants. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* 29:467–501.

Savolainen, V., M.-C. Anstett, C. Lexer, I. Hutton, J. J. Clarkson, M. V. Norup, M. P. Powell, D. Springate, N. Salamin, and W. J. Baker. 2006. Sympatric speciation in palms on an oceanic island. *Nature* 441:210–213.

Schliewen, U. K., D. Tautz & S. Pääbo. 1994. Sympatric speciation suggested by monophyly of crater lake cichlids. *Nature* 368:629–632.
Weir, J. & R. Ingram. 1980. Ray morphology and cytological investigations of *Senecio cambrensis* Rosser. *New Phytologist* 86:237–241.
Xiang, Q.-Y., D. E. Soltis & P. S. Soltis. 1998. The eastern Asian and eastern and western North American floristic disjunction: Congruent phylogenetic patterns in seven diverse genera. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 10:178–190.

Bölüm 8: Peki ya biz?

Barbujani, G., A. Magagni, E. Minch & L. L. Cavalli-Sforza. 1997. An apportionment of human DNA diversity. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 94:4516–4519.
Bradbury, J. 2004. Ancient footsteps in our genes: Evolution and human disease. *Lancet* 363:952–953.
Brown, P., T. Sutikna, M. J., Morwood, R. P. Soejono, E. Jatmiko, E. W. Saptomo & R. A. Due. 2004. A new small-bodied hominin from the Late Pleistocene of Flores, Indonesia. *Nature* 431:1055–1061.
Brunet, M., et al. 2002. A new hominid from the Upper Miocene of Chad, central Africa. Nature 418:145–151.
Bustamante, C. D., et al. 2005. Natural selection on protein-coding genes in the human genome. *Nature* 437:1153–1157.
Dart R. A. 1925. *Astralopithecus africanus:* The Man-Ape of South Africa. *Nature* 115:195–199.
Dart R. A. (with D. Craig). 1959. *Adventures with the Missing Link.* Harper, New York.
Davis, P. & D. H. Kenyon. 1993. *Of Pandas and People: The Central Question of Biological Origins* (2nd Edition). Foundation for Thought and Ethics, Richardson, TX.
Demuth, J. P., T. D. Bie, J. E. Stajich, N. Cristianini & M. W. Hahn. 2007. The evolution of mammalian gene families. *Public Library of Science ONE* 1:e85.
Enard, W. & S. Pääbo. 2004. Comparative primate genomics. *Annual Review of Genomics and Human Genetics* 5:351–378.
Enard, W., M. Przeworski, S. E. Fisher, C. S. L. Lai, V. Wiebe, T. Kitano, A. P. Monaco & S. Pääbo. 2002. Molecular evolution of *FOXP2*, a gene involved in speech and language. *Nature* 418:869–872.
Enattah, N. S., T. Sahi, E. Savilahti, J. D. Terwilliger, L. Peltonen & I. Jarvela. 2002. Identification of a variant associated with adult-type hypolactasia. *Nature Genetics* 30:233–237.
Frayer, D. W., M. H. Wolpoff; A. G. Thorne, F. H. Smith and G. G. Pope. 1993. Theories of modern human origins: The Paleontological Test 1993. *American Anthropologist* 95:14–50.
Gould, S. J. 1981. *The Mismeasure of Man.* W. W. Norton, New York.

The Gallup Poll: Evolution, Creationism, and Intelligent Design. http://www.galluppoll.com/content/default.aspx?ci=21814.

Johanson, D. C. & M. A. Edey. 1981. *Lucy: The Beginnings of Humankind.* Simon and Schuster, New York.

Jones, S. 1995. *The Language of Genes.* Anchor, London.

King, M. C. & A. C. Wilson. 1975. Evolution at two levels in humans and chimpanzees. *Science* 188:107–116.

Kingdon, J. 2003. *Lowly Origin: Where, When, and Why Our Ancestors First Stood Up.* Princeton University Press, Princeton, NJ.

Lamason, R. L., et al. 2005. SLC24A5, a putative cation exchanger, affects pigmentation in zebrafish and humans. *Science* 310:1782–1786.

Lewontin, R. C. 1972. The apportionment of human diversity. *Evolutionary Biology* 6:381–389.

Miller, C. T., S. Beleza, A. A. Pollen, D. Schluter, R. A. Kittles, M. D. Shriver & D. M. Kingsley. 2007. *cis*-Regulatory changes in kit ligand expression and parallel evolution of pigmentation in sticklebacks and humans. *Cell* 131:1179–1189.

Morwood, M. J., et al. 2004. Archaeology and age of a new hominin from Flores in eastern Indonesia. *Nature* 431:1087–1091.

Mulder, M. B. 1988. Reproductive success in three Kipsigis cohorts. pp. 419–435 in T. H. Clutton-Brock, ed., *Reproductive Success: Studies of Individual Variation in Contrasting Breeding Systems.* University of Chicago Press, Chicago.

Obendorf, P. J., C. E. Oxnard & B. J. Kefford. 2008. Are the small human-like fossils found on Flores human endemic cretins? *Proceedings of the Royal Society of London*, Series B, 275:1287–1296.

Perry, G. H., et al. 2007. Diet and the evolution of human amylase gene copy number variation. *Nature Genetics* 39:1256–1260.

Pinker, S. 1994. *The Language Instinct: The New Science of Language and Mind.* HarperCollins, New York.

Pinker, S. 2008. Have humans stopped evolving? http://www.edge.org/q2008/q08_8.html#pinker

Richmond, B. G. & W. L. Jungers. 2008. *Orrorin tugenensis* femoral morphology and the evolution of hominin bipedalism. *Science* 319:1662–1665.

Rosenberg, N. A., J. K. Pritchard, J. L. Weber, H. M. Cann, K. K. Kidd, L. A. Zhivotovsky & M. W. Feldman. 2002. Genetic structure of human populations. *Science* 298:2381–2385.

Sagan, Carl. 2000. *Carl Sagan's Cosmic Connection: An Extraterrestrial Perspective.* Cambridge University Press, Cambridge, UK.

Suwa, G., R. T. Kono, S. Katoh, B. Asfaw & Y. Beyene. 2007. A new species of great ape from the late Miocene epoch in Ethiopia. *Nature* 448:921–924.

Tishkoff, S. A., et al. 2007. Convergent adaptation of human lactase persistence in Africa and Europe. *Nature Genetics* 39:31–40.

Tocheri, M. W., C. M. Orr, S. G. Larson, T. Sutikna, Jatmiko, E. W. Saptomo, R. A. Due, T. Djubiantono, M. J. Morwood & W. L. Jungers. 2007. The

primitive wrist of *Homo floresiensis* and its implications for hominin evolution. *Science* 317:1743–1745.
Wood, B. 2002. Hominid revelations from Chad. *Nature* 418:133–135.

Bölüm 9: Evrim Yeniden

Brown, D. E. 1991. *Human Universals.* Temple University Press, Philadelphia.
Coulter, A. 2006. *Godless: The Church of Liberalism.* Crown Forum (Random House), New York.
Dawkins, R. 1998. *Unweaving the Rainbow: Science, Delusion, and the Appetite for Wonder.* Houghton Mifflin, New York.
Einstein, A. 1999. *The World as I See It.* Citadel Press, Secaucus, NJ.
Feynman, R. 1983. *The Pleasure of Finding Things Out.* Public Broadcasting System television program.
Harvard University Press author forum. Interview with Michael Ruse and J. Scott Turner. "Off the Page": http://harvardpress.typepad.com/ off_the_page/j_scott_turner/index.html
McEwan, I. 2007. End of the world blues. pp. 351–365 in C. Hitchens, ed., *The Portable Atheist.* Da Capo Press, Cambridge, MA.
Miller, G. 2000. *The Mating Mind: How Sexual Choice Shaped the Evolution of Human Nature.* Doubleday, New York.
Pearcey, N. 2004. Darwin meets the Berenstain bears: Evolution as a total worldview. pp. 53–74 in W. A. Dembski, ed., *Uncommon Dissent: Intellectuals Who Find Darwinism Unconvincing.* ISI Books, Wilmington, DE.
Pinker, S. 1994. *The Language Instinct: The New Science of Language and Mind.* HarperCollins, New York.
Pinker, S. 2000. Survival of the clearest. *Nature* 404:441–442.
Pinker, S. 2003. *The Blank Slate: The Modern Denial of Human Nature.* Penguin, New York.
Price, J., L. Sloman, R. Gardner, P. Gilber & P. Rohde. 1994. The social competition hypothesis of depression. *British Journal of Psychiatry* 164:309–315.
Thornhill, R. & C. T. Palmer. 2000. *A Natural History of Rape: Biological Bases of Sexual Coercion.* MIT Press, Cambridge, MA.
Wilson, E. O. 1975. *Sociobiology: The New Synthesis.* Belknap Press of Harvard University Press, Cambridge, MA.

Şekiller Dizini

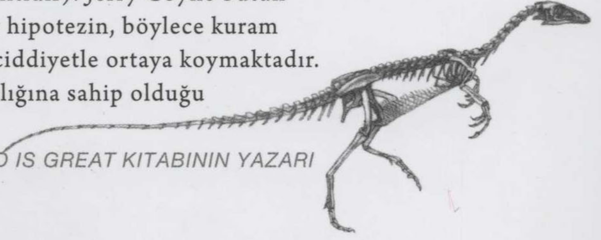
Dizin

deniz filleri, 149–50, 158, 160, 229

“Konu üzerinde çalışan önde gelen bilim insanlarından birinden anlaşılır ve iyi yazılmış bir evrim açıklaması isteyen herkes için, Evrim Neden Gerçektir tam size göre bir seçim”
—EDWARD O. WILSON, *CONSILIENCE, ON HUMAN NATURE VE SOCIOBIOLOGY* KITAPLARININ YAZARI



“Cahil karşıtları doğal seçilim yoluyla evrimsel sürecin ‘sadece bir kuram’ olduğunu söylemekten hoşlanırlar (Bu gerçekten de ne kadar cahil olduklarının kanıtıdır). Jerry Coyne bütün sınamaları karşılayan ve geçen bir hipotezin, böylece kuram oluşunu pekiştirdiğini incelik ve ciddiyetle ortaya koymaktadır. Neredeyse doğru oluşunun ayrıcalığına sahip olduğu söylenebilir.”
—CHRISTOPHER HITCHENES, *GOD IS GREAT KITABININ YAZARI*



“Bilim insanları ‘gerçek’ kelimesini rastgele kullanmazlar, bu heyecanlı ve düşündürücü kitabında Jerry Coyne biologların sıra evrime geldiğinde bu kelimeyi kullanmaktan neden hoşnut olduklarını göstermektedir. Evrim ne uzmanlar söylediği için, ne de bazı dünya görüşleri istediği için değil, fakat kanıtlar haddinden fazla desteklediği için‘gerçektir.’ Evrim hakkında birçok enfes kitap vardır, fakat bu kitap farklı bir açıdan mükemmeldir–evrim için en son kanıtları berrak, ayrıntılı ve müthiş bir etkinlikle açıklamaktadır”
—STEVEN PINKER, *THE STUFF OF THOUGHT KITABININ YAZARI*



“Bir defasında evrime inanmayan her kim ise aptal, deli veya cahil olması gerektiğini söylemiş ve sonrasında cehaletin suç olmadığını da ekleyerek dikkatli bir dil kullandığımı göstermiştim. Şimdi bu cümlemi güncellemeliyim. Evrime inanmayan her kim ise aptal, deli veya Jerry Coyne’ni okumamıştır. Bu muhteşem kitabı okuyan her mantıklı kişinin, akıllı tasarım ya da ülkedaş kuzeni, genç dünya yaradılışçılığının olağan dışı saçmalığını bir ‘kuram’ olarak ciddiye almayacağını iddia ediyorum.”
—RICHARD DAWKINS, *THE GOD DELUSION KITABININ YAZARI*







YAYIN, DAĞITIM, PAZARLAMA, İÇ VE DIŞ TİCARET LTD. ŞTİ.
Merkez: A. Adnan Saygun Caddesi, No.: 10/1, Sıhhiye/ANKARA
Tel.: (312) 433 37 57 Faks: (312) 433 52 72
www.palmeyayinevi.com e-mail: bilgi@palmeyayinevi.com

Ankara Şubesi :Olgunlar Sokak, No.: 4/5, Bakanlıklar/ANKARA Tel.: (312) 417 95 28 Faks: (312) 419 69 64
İzmir Şubesi :Kazım Dirlik Mahallesi, Ankara Caddesi, No.: 259/C, Bornova/İZMİR Tel.: (232) 343 10 77 Faks: (232) 343 10 78

ISBN: 978-605-355-595-7

